

UNIVERSITE DE BORDEAUX

FACULTÉ DE MÉDECINE ET DE PHARMACIE

1923-1924 - N° 1

CONTRIBUTION A L'ÉTUDE COMPARATIVE
DU CHONDRIOME

DES CELLULES ANIMALES ET VÉGÉTALES

THÈSE POUR LE DOCTORAT EN MÉDECINE

Présentée et soutenue publiquement le Lundi 5 novembre 1923

PAR

HENRI BOUYGUES

MAÎTRE DE CONFÉRENCES DE BOTANIQUE A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE CAEN

Né à Cahors (Lot), le 25 mars 1874

Examinateurs de la Thèse	{	MM. G. DUBREUIL, professeur	<i>Président.</i>
		SABRAZÈS, professeur	<i>Juges.</i>
		ROCHER, agrégé	
		LACOSTE, agrégé	

BORDEAUX

IMPRIMERIE A. SAUGNAC & E. DROUILLARD

3, Place de la Victoire, 3

1923

UNIVERSITE DE BORDEAUX

FACULTÉ DE MÉDECINE ET DE PHARMACIE

1923-1924 — N° 1

CONTRIBUTION A L'ÉTUDE COMPARATIVE
DU CHONDRIOME

DES CELLULES ANIMALES ET VÉGÉTALES

THÈSE POUR LE DOCTORAT EN MÉDECINE

Présentée et soutenue publiquement le Lundi 5 novembre 1923

PAR

HENRI BOUYGUES

MAÎTRE DE CONFÉRENCES DE BOTANIQUE A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE CAEN

Né à Cahors (Lot), le 25 mars 1874

Examineurs de la Thèse	{	MM. G. DUBREUIL, professeur	<i>Président.</i>
		SABRAZÈS, professeur	} <i>Juges.</i>
		ROCHER, agrégé	
		LACOSTE, agrégé	

BORDEAUX

IMPRIMERIE A. SAUGNAC & E. DROUILLARD

3, Place de la Victoire, 3

1923

FACULTÉ DE MÉDECINE ET DE PHARMACIE DE BORDEAUX

M. SIGALAS, *doyen*.

PROFESSEURS HONORAIRES :

MM. LANELONGUE, BADAL, PITRES, GUILLAUD, ARNOZAN, POUSSON.

PROFESSEURS :

MM.	MM.
Clinique médicale	Clinique ophtalmologique... LAGRANGE
{ VERGER.	Clinique chirurgicale infan-
{ CASSAËT.	tile et orthopédie
{ CHAVANNAZ.	DENUCÉ.
Clinique chirurgicale.....	Clinique gynécologique..... BÉGOIN.
{ VILLAR.	Clinique médicale des mala-
Pathologie et thérapeutique générales....	dies des enfants..... MOUSSOUS.
Clinique d'accouchements...	Chimie biologique et médicale..... DENIGÈS.
Anatomie pathologique et microscopie clinique	Physique pharmaceutique... SIGALAS.
Anatomie.....	Médecine coloniale et Clini-
{ CRUCHET.	que des maladies exotiques. LE DANTEC.
{ SABRAZÈS.	Clinique des maladies cuta-
Anatomie générale et histologie.....	nées et syphilitiques W. DUBREUILH.
Physiologie.....	{ PICQUÉ.
Hygiène.....	{ G. DUBREUIL.
Médecine légale et déontologie	{ PACHON.
Physique biologique et clini-	{ AUCHÉ.
que d'électricité médicale. BERGONIÉ.	Clinique des maladies des
Chimie.....	voies urinaires..... N...
{ CHELLE.	Clinique des maladies nerveuses et mentales. ABADIE.
Botanique et matière médicale	Clinique d'oto-rhino-laryngologie..... MOURE.
Pharmacie.....	Toxicologie et hygiène appliquée..... BARTHE.
Zoologie et parasitologie... MANDOU.	Hydrologie thérapeutique et
Médecine expérimentale FERRÉ.	Climatologie..... SELLIER.

MM. PRINCETEAU (Anatomie). — GUYOT (Pathologie externe). — LABAT (Pharmacie).
CARLES (Thérapeutique et pharmacologie). — PETGES (Vénérologie).

AGRÉGÉS EN EXERCICE

MM.	R. UNIV. BIBLIOTHEEK LEIDEN	MM.
Anatomie et embryologie. ... VILLEMEN.	Médecine générale.....	CRÉYX.
Histologie.....		MICHELEAU.
Physiologie.....		BONNIN.
Anatomie pathologique.....	Maladies mentales.....	PERRENS.
{ R. SIGALAS.	Médecine légale.....	LANDE.
Parasitologie et sciences naturelles.....		{ ROCHER.
{ N...	Chirurgie générale.	{ DUVERGEY.
Physique biologique et médicale.....		{ PAPIN.
Chimie biologique et médicale.....		{ PÉRY.
{ MAURIAC.	Obstétrique.....	{ FAUGÈRE.
Médecine générale.....	Ophtalmologie	{ TEULIÈRES.
{ LEURET.	Pharmacie	{ GOLSE.
{ DUPÉRIÉ.		

COURS COMPLÉMENTAIRES :

	MM.		MM.
Clinique dentaire.....	CAVALIÉ.	Démonstrations et préparations pharmaceut. .	LABAT.
Médecine opératoire.....	N...	Chimie.....	N...
Accouchements.....	PÉRY.	Pathologie interne.....	N...
Ophtalmologie.....	CABANNES.	Pathologie externe.....	N...
Puériculture.....	ANDÉRODIAS.		
Orthopédie chez l'adulte, pour les accidentés du travail, les mutilés de guerre et les infirmes.....			ROCHER.
Cours complémentaire annexe. - Prothèse et rééducation professionnelle.....			GOURDON.

Par délibération du 5 août 1879, la Faculté a arrêté que les opinions émises dans les Thèses qui lui sont présentées doivent être considérées comme propres à leurs auteurs, et qu'elle entend ne leur donner ni approbation ni improbation.

MEIS ET AMICIS

A MONSIEUR DETHAN

DOCTEUR EN DROIT

OFFICIER DE LA LÉGION D'HONNEUR

A MONSIEUR TOUSSAINT LE GRAIN

INSPECTEUR GÉNÉRAL DES PONTS ET CHAUSSÉES

DIRECTEUR DE L'ÉCOLE NATIONALE DES PONTS ET CHAUSSÉES

DIRECTEUR HONORAIRE DU RÉSEAU DE L'ÉTAT

COMMANDEUR DE LA LÉGION D'HONNEUR

A MONSIEUR SAURAT

INGÉNIEUR DE LA VOIE ET DES BATIMENTS AU RÉSEAU DE L'ÉTAT

A MONSIEUR ULRICH

INGÉNIEUR DU CORPS DES MINES

ADMINISTRATEUR DÉLÉGUÉ

DE LA COMPAGNIE DU CHEMIN DE FER MÉTROPOLITAIN DE PARIS

OFFICIER DE LA LÉGION D'HONNEUR

En témoignage de mon affectueuse
reconnaissance et de mon amitié.

A MES MAITRES
DE LA FACULTÉ DE MÉDECINE ET DE PHARMACIE
ET DES HOPITAUX DE BORDEAUX

A MES MAITRES
DE L'ÉCOLE DE MÉDECINE ET DE PHARMACIE
DE RENNES

A MON PRÉSIDENT DE THÈSE

MONSIEUR LE DOCTEUR G. DUBREUIL

PROFESSEUR D'ANATOMIE GÉNÉRALE ET D'HISTOLOGIE
A LA FACULTÉ DE MÉDECINE ET DE PHARMACIE DE BORDEAUX
OFFICIER DE L'INSTRUCTION PUBLIQUE

Reconnaissant et cordial hommage.

CONTRIBUTION A L'ÉTUDE COMPARATIVE
DU CHONDRIOME
DES CELLULES ANIMALES ET VÉGÉTALES

PAR

H. BOUYGUES

MAÎTRE DE CONFÉRENCES DE BOTANIQUE A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE CAEN

OFFICIER DE L'INSTRUCTION PUBLIQUE

OFFICIER DU MÉRITE AGRICOLE

INTRODUCTION

En mars 1920, approchant du terme de nos études médicales, nous avons demandé à M. le Professeur Dubreuil de bien vouloir nous aider à choisir un sujet de thèse de Doctorat en médecine intéressant à la fois les deux Règnes vivants.

Après y avoir mûrement réfléchi, il fut décidé que nous effectuerions une étude de révision traitant du chondriome. Mais M. le Professeur Dubreuil ne nous laissa point ignorer que c'était là une œuvre de longue haleine à laquelle nous devrions consacrer certainement plusieurs mois d'études, voire même quelques années.

Un travail de longue haleine, c'est-à-dire un travail qui force à penser beaucoup et à n'écrire que lorsqu'on a beaucoup pensé c'était, en vérité, tout ce que nous pouvions désirer. C'est donc avec empressement que nous acceptons le sujet qui nous était si aimablement indiqué.

Toutefois, dire que nous l'abordâmes sans idée préconçue serait commettre un grave manquement envers la vérité.

A la suite de conversations, en effet, que nous avons eues avec des Zoologistes et des Botanistes de premier plan, nous avons été amené à douter de l'existence du chondriome et nous n'étions pas très éloigné de croire que les corpuscules le constituant n'étaient rien moins que des formes provoquées, dans la masse du protoplasma, par la série de manipulations qu'on lui fait subir pour les y révéler.

C'est donc dans cet état d'esprit que nous attaquâmes le sujet et que nous entreprîmes le dépouillement de l'énorme bibliographie qu'il comporte.

On a beaucoup écrit, en effet, sur les mitochondries.

Mais reprenant, autant que faire se peut, les principaux ouvrages qui ont été effectués, jusqu'à ce jour, sur ces corpuscules, nous avons comparé entre elles les études qui, dans les deux Règnes, nous ont montré une similitude profonde. Et c'est du reste de cette comparaison qu'est né notre travail ainsi que le titre sous lequel nous l'avons désigné.

Comme on pourra s'en rendre compte nous avons divisé l'ouvrage en deux parties. Dans la première nous avons traité de la découverte des mitochondries; de leur morphologie générale et de la forme primitive des chondriosomes; de leur multiplication et de leurs propriétés physiques et chimiques.

Dans la deuxième nous avons traité de leur rôle biologique. Toutefois, pour des raisons que nous exposons plus loin, nous avons limité cette étude à la part qu'ils prennent dans la formation de produits communs aux deux Règnes et dans l'édification des gamètes mâles de la reproduction.

Enfin nous avons terminé le travail par de copieuses conclusions afin de permettre au lecteur d'avoir une idée d'ensemble sur ces corpuscules.

On nous reprochera peut-être de ne pas avoir abordé, dans ce mémoire, l'étude de certaines questions importantes tel par exemple le rôle *intime* que jouent les chondriosomes dans

la fabrication des produits intra-cellulaires. Il eut été évidemment fort intéressant de le faire connaître, ici-même, et nous ne doutons point que son exposition eut, à elle seule, rehaussé de beaucoup la valeur de notre modeste travail.

Mais le mécanisme intime d'une fonction biologique ne peut être exposé que s'il est connu. Or, dans l'espèce, il est ignoré. Par contre les auteurs donnent toujours libre cours aux hypothèses les plus variées. C'est ainsi que certains, comme REGAUD, RENAUT, etc., voient dans ces corpuscules des « éleptosomes », c'est-à-dire des organites intra-cellulaires qui « par un mécanisme physico-chimique encore inconnu, retiennent les substances très diverses qui arrivent normalement ou qui peuvent arriver accidentellement (médicaments, poisons, toxines, etc., etc.) au contact du protoplasme ».

D'autres au contraire comme NOEL (1), etc., en font des vrais catalyseurs.

Mais, nous le répétons, on ne peut rien dire d'absolu sur leur rôle.

Aussi avons-nous préféré ne pas toucher au sujet plutôt que de nous contenter d'enregistrer ici des hypothèses dont nous n'avons pu nous-même vérifier la valeur et contrôler, par des recherches personnelles, les arguments sur lesquels elles reposent. Toutefois il y a lieu d'ajouter que nous avons déjà entrepris des études sur ce problème qui est, sans contredit, de beaucoup le plus intéressant de tous ceux qu'on peut se poser sur les chondriosomes. Puis lorsque des résultats positifs auront été obtenus nous nous ferons un devoir de les publier.

Peut-être, toujours dans le même ordre d'idées, nous reprochera-t-on encore de n'avoir rien dit sur le rôle héréditaire que certains auteurs ont tendance à faire jouer au chondriome.

On admet généralement en effet que les chondriosomes

(1) NOEL. — *Recherches histo-physiologiques sur la cellule hépatique des Mammifères* (Th. Doct. Sc., Paris, 1922).

dérivent, par division, de mitochondries préexistantes et l'on a pu voir en outre que celles-ci se distribuent, à peu près par parties égales, entre les deux pôles d'une cellule en voie de cynèse. C'est du reste ce qu'affirme avoir constaté Voynow qui est encore plus catégorique à propos de la répartition puisque, pour lui, c'est exactement, par nombre égal, que celle-ci s'effectue entre les deux cellules filles.

C'est encore ce qu'a soutenu WILSON (1) à propos de la spermatogénèse et de l'ovogénèse. Cet auteur aurait remarqué, pendant les stades évolutifs des organites reproducteurs, la réduction par moitié des chondriosomes mâles et femelles et, au moment de la fécondation, la fusion de ces chondriosomes les uns dans les autres.

Or des faits d'observation de ce genre ont paru suffisants à certains auteurs pour établir une analogie entre mitochondries et chromosomes et, partant, pour leur désigner un rôle dans l'hérédité.

Cette conception n'est du reste point nouvelle car MEVES avait déjà vu dans les chondriosomes des porteurs d'hérédité.

Quoi qu'il en soit, en ce qui nous concerne, étant donné l'état peu avancé de la question, laquelle, à notre avis, réclame pour être solutionnée, de nouvelles recherches, de nouvelles études, nous avons cru préférable pour le moment de nous en tenir simplement à l'évocation du rôle héréditaire que certains prêtent un peu trop gratuitement, disons-le, au chondriome.

Et malgré les découvertes récentes dues à l'expérimentation dans le domaine de l'Embryologie, lesquelles ont profondément modifié les idées sur le substratum matériel des caractères héréditaires, il nous a paru plus sage, encore ici, de ne pas nous étendre sur une telle question. Il vaut mieux attendre en effet que de nouveaux travaux permettent de lever plus amplement le voile épais dont est encore recouvert la biologie de ces corpuscules.

(1) WILSON. — Les chondriosomes des spermatozoïdes (*Proceeding of the National Academy of Sc., U. S. A., Juin 1916*).

PREMIÈRE PARTIE

Morphologie et Propriétés Physico-Chimiques des Chondriosomes.

CHAPITRE PREMIER

De la découverte et de l'existence réelle du Chondriome.

A. — DÉCOUVERTE DU CHONDRIOME.

En 1897 BENDA (1), en essayant sur les testicules de Mammifères une méthode de fixation et de coloration qu'il avait imaginée, mit en évidence, dans le protoplasma des spermatides, des granulations qu'il considéra comme nou-

(1) BENDA. — Neuere Mittheilungen ueber die Histogenese der Säugetierspermatozoen (*Verh. d. Phys. ges.* zu Kiel, 1897).

— Ueber die spermatogenese der Vertebraten und hoherer Evertebraten (*Verh. d. Phys. ges.* zu Berlin, 1898).

— Weitere Mittheilungen ueber die Mitochondria (*Verh. d. Phys. ges.* zu Berlin, 1900).

— Weitere Beobachtungen ueber die Mitochondria und ihre Verhältniss zu Sekretgranulationen nebst kritischen Bemerkungen (*Ibid.*, 1900).

— Die Mitochondriafarbunge und andere methoden zur Untersuchung der Zellsubstanzen (*Verh. d. Ana. ges.* Bonn, 1901).

— Die Mitochondria der Nierenepithels (*Verh. d. Ana. Gesells.*, 17^e Versam, Heidelberg, 1903).

— Die Mitochondria (*Erg. d. Ana. u. Entwicklungsgesch.*, Bd. XII).

velles. De plus ayant observé qu'en s'alignant, elles engendraient le filament spiralé des spermatozoïdes, il en déduisit qu'elles devaient avoir une très grande importance et jouer un rôle de premier ordre dans la vie de ceux-ci. Pour renforcer cette opinion il entreprit des recherches afin de généraliser l'existence de ces granulations. Et c'est ainsi qu'il fut amené à les observer dans les éléments cellulaires des Vertébrés et des Invertébrés.

De plus en plus persuadé, à la suite de ces nouvelles études, qu'il avait vraiment découvert des constituants du protoplasma bien différents de ceux signalés avant lui, il leur donna le nom de *mitochondrie* (1). Le rôle de ce néologisme fut double à ses yeux. Il consacrait ainsi la nouveauté de ces granulations, car à toute chose vraiment nouvelle, nom nouveau; il rappelait ensuite la forme et la propriété qu'il avait reconnues à ces grains: c'est-à-dire de se disposer en série le long des trabécules protoplasmiques et d'y former des chapelets ou chondriomites lesquels, dans certains cas, lui avaient donné l'impression de filaments.

Dès que les publications de BENDA parurent, elles firent sensation dans le monde des histologistes et y provoquèrent de nombreuses recherches. Nous aurons du reste à revenir sur celles-ci au cours de ce travail. Pour le moment qu'il nous suffise de dire qu'en 1907, MEVES (2), poursuivant ses études sur la constitution du protoplasma remarqua aussi les mitochondries de BENDA. Mais il aperçut encore des filaments, tantôt longs, tantôt courts, à structure parfaitement continue

(1) De mitos = fil et kondron = grain.

(2) MEVES. — Ueber das Vorkommen von Mitochondrien bezw. Chondromiten in Pflanzenzellen (*Berichtend. Deutsch. Bot. Gesellschaft.*, Bd. XXII, 1904).

— Die spermatocyte theilungen bei der Honigbiene (*Arch. f. mikr. Anat.*, Bd. LXX, 1907).

— Ueber Mitochondrien bezw. — Chondriskonten in den Zellen junger Embryonen (*Anat. anz.*, Bd. XXXI, 1907).

— Die Chondriokonten in ihrem Verhältnis zur Filarmasse Flemmings (*Anat. Anz.*, Bd. XXXI, 1907).

— Die Chondriosomen als Träger erblicher Anlagen. Cytologische Studien am Hühnerembryo (*Arch. f. mikr. Anat.*, Bd. LXXII, 1908).

et possédant les caractères microchimiques des mitochondries. Il fut ainsi amené à établir, entre ces deux formations, une analogie profonde. Toutefois réservant le terme de mitochondries aux granulations proprement dites il créa, pour les filaments homogènes, le nom de *chondriocente* (1). Il désigna de plus sous le nom de *chondriosome*, les mitochondries, les chondriomites et les chondriocentes. Enfin il convint de donner le nom de *chondriome* à l'ensemble de ces formations existant soit séparément, soit en même temps, dans une même cellule.

A partir de cette époque la classification des corpuscules révélés par le réactif de BENDA était chose définitive et disons de suite qu'elle est encore la seule à être couramment employée de nos jours.

B. — EXISTENCE RÉELLE DU CHONDRIOME.

BENDA et MEVES n'ont pu se rendre compte de l'existence des chondriosomes qu'en faisant subir au protoplasma vivant une série de manipulations, parfois fort longues, durant lesquelles des produits chimiques plus ou moins violents ont été employés. De sorte que, on peut se demander si les formes ainsi observées, après ces divers traitements, existent réellement avant ceux-ci ou bien si elles ne sont pas, au contraire, le résultat de la coagulation de certaines portions de la matière vivante provoquée par les fixateurs et les révélateurs employés.

A) *Critique des méthodes chimiques employées pour le révéler.*

FLEMMING (2) et FISCHER (3) ont fait judicieusement remar-

(1) De kondron = grain et de kontos = bâton.

(2) FLEMMING. — *Zellsubstance, Kern. und Zelltheilung*, Leipzig, 1882.

(3) FISCHER. — *Die Plasmolyse der Bacterien* (*Ber. d. k. säch. Ges. d. Wiss. math. Physi. classe*, 1891).

quer en effet que seules les observations effectuées sur du protoplasma vivant, doivent être prises en considération. Tous les faits révélés à la suite d'un tel examen peuvent être retenus comme véritables.

Par contre on ne saurait affirmer, sans quelque réserve, l'existence à l'état naturel des formations qu'on aperçoit dans le protoplasma d'une cellule ayant subi l'action prolongée de réactifs plus ou moins violents. Et il est prudent de n'accepter les données dues à l'action de ces réactifs qu'autant que celles-ci sont corroborées par celles que fournit l'examen de la cellule à l'état vivant.

Or nous ne savons point qu'une contre-épreuve de cette nature ait été faite par BENDA et MEVES et l'on comprend alors que la question de l'existence réelle du chondriome nous soit venue tout naturellement à l'esprit et que nous ayons jugé nécessaire, avant toute chose, de rechercher si les chondriosomes sont des éléments constants de la matière vivante ou bien, au contraire, s'ils en sont des artefacts, pour employer une expression chère aux savants belges. C'est donc cette question que nous allons maintenant tâcher d'élucider. Elle n'est du reste pas sans importance car, de nos jours, même après tout ce qui a été écrit sur le chondriome, après les nombreuses observations *in vivo* ou post-vitales qu'on a faites il se trouve des auteurs qui nient encore son existence et continuent à ne voir en lui qu'une manifestation de la puissance coagulante de certains produits chimiques sur la matière vivante.

L'idée que les chondriosomes sont des artefacts paraît, il est vrai, à priori, rationnelle si l'on songe aux transformations que subit le protoplasma lorsqu'on fait agir sur lui des agents chimiques divers.

HENNEGUY (1) écrit en effet à ce propos : « Il suffit de prendre des globules du sang ou de la lymphe de Vertébrés ou d'Invertébrés, d'Amphibiens, de Mollusques ou de Crus-

(1) HENNEGUY. — *Leçons sur la Cellule*, Paris, 1896.

tacés, ainsi que des cellules libres de la cavité du corps des Vers, du Lombric ou de l'*Enchythræus*, par exemple, de placer ces éléments sur une lame et de les observer au microscope pendant qu'on fait agir sur eux les réactifs. L'on peut suivre, de la sorte, les modifications qui se produisent et en mesurer l'importance.

« Prenons par exemple les cellules libres de la cavité du corps d'*Enchythræus albidus* (fig. 1), et étudions-les d'abord à l'état vivant. Dans cet état, elles présentent la forme d'éléments ovoïdes, constitués par un protoplasma très nettement vacuolaire (a). Les vacuoles sont bien limitées et leurs parois sont constituées par un protoplasma finement granuleux; elles contiennent un liquide clair et incolore. Au centre de la cellule le noyau apparaît sous forme d'un espace clair. Or, voici maintenant quelques-unes des modifications que subissent ces cellules sous l'action des réactifs : l'eau pure les gonfle et les rend complètement homogènes avec des granulations ani-

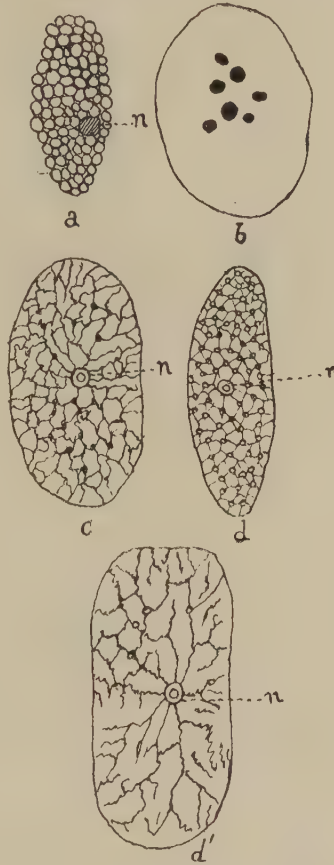


FIG. 1.

Empruntée à HENNEGUY.

mées de mouvements browniens (b); le noyau lui-même disparaît tout à fait. Sous l'influence de l'acide acétique la cellule augmente beaucoup de volume, le protoplasma prend l'aspect réticulé le plus net avec des granulations dans l'épaisseur des filaments (c); les mailles du réseau

sont remplies d'une substance homogène, le noyau est plus visible. Une solution d'acide chromique à 1 % ou d'alun, contracte au contraire la cellule et y fait apparaître un réticulum plus serré, à mailles plus fines, avec des granulations (*d*). L'alcool au tiers produit un gonflement considérable (*d'*) ; le noyau, qui d'ailleurs change peu d'aspect, sous l'influence des réactifs, devient plus visible, mais le proto-



FIG. 2.

Empruntée à FAURÉ-FREMIET.

Deux aspects du cytoplasma de *Campanella umbellaria*. — 1. Fixation au liquide de Tellyesniczky. — 2. Fixation au liquide de Bouin.

plasma montre un réseau lâche, formé de quelques filaments dans l'épaisseur desquels on voit des amas assez volumineux de grosses granulations. »

En somme le protoplasma de la cellule libre d'*Enchythraeus* présente, selon le réactif employé, des aspects absolument différents.

Deux autres exemples intéressants nous sont encore fournis par FAURÉ-FREMIET (1). Si l'on traite en effet des *Campanella umbellaria* par des liquides fixateurs variés on obtient des aspects différents du protoplasma (fig. 2). Ainsi le liquide de

(1) FAURÉ-FREMIET. — Etude sur les Mitochondries des cellules sexuelles et des Protozoaires (*Arch. d'Anat. micros.*, t. II, 1909-10).

TELLYENICZKY donnera « un réseau de grandes mailles inégales avec des trabécules lisses et finement anastomosés (fig. 2, 1) », tandis qu'avec le liquide de BOUX on obtiendra « un réseau granuleux, à mailles courtes et inégales ou même un simple granulum très dense » (fig. 2, 2) ». Le liquide de FLEMING au contraire fera apparaître un délicat réseau tandis que le liquide de BENDA et le peroxyde d'osmium pur donneront une structure homogène.

Du reste les aspects peuvent changer avec les protoplasma même lorsqu'on fait agir sur eux des liquides identiques. Ils peuvent aussi varier pour les cellules d'un animal donné dont le protoplasma se trouve dans des conditions physiologiques différentes. C'est ainsi que si l'on fait agir le liquide fixateur de BOUX sur *Opisthonecta Henneguy* normal et le même, enkysté, on obtient deux aspects absolument différents.

Autre exemple : lorsqu'on observe à l'état vivant *Urostyla grandis*

(fig. 3) on constate l'existence de lacunes que limitent des paquets de filaments (fig. 3, 1). Mais si l'on fait agir, sur le même animal, le liquide de MAIER puis l'hématoxyline ferrique, les paquets de filaments se transforment en boulettes (fig. 3, 2).



FIG. 3.

Empruntée à FAURÉ-FREMIET.

1. Coupe optique d'*Urostyla grandis* observé *in vivo*. On distingue les filaments hyaloplasmiques et les lacunes renfermant les mitochondries. — 2. Le même animal après l'action du liquide de Maier.

Cependant ce n'est pas seulement le protoplasma qui peut être altéré dans son aspect normal. Le noyau lui-même en effet est susceptible d'être plus ou moins profondément modifié. Du reste, à ce propos, CHAMPY (1) nous en fournit un

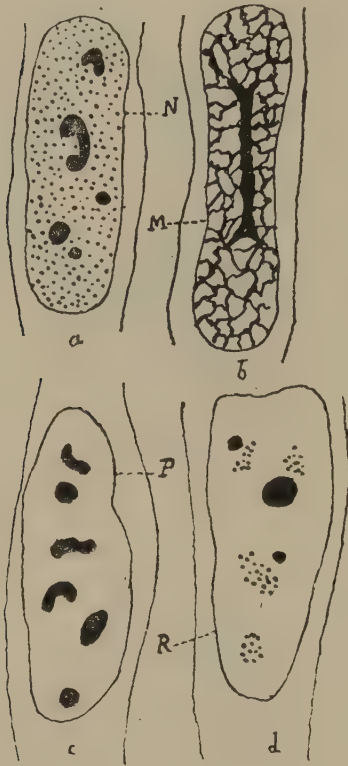


FIG. 4.
Empruntée à CHAMPY.

exemple des plus intéressants (fig. 4). Cet auteur, en effet, représente quatre cellules intestinales qui, après avoir été fixées par des liquides différents, ont été toutes colorées par l'hé-matoxyline ferrique. La cellule (a) fixée à l'aide du liquide du BOUIN montre, comme on le voit, un noyau (N) finement granuleux. La cellule (b), fixée à l'alcool, présente un noyau (M) à structure réticulée et grains anguleux. La cellule (c), ayant subi l'action fixatrice du liquide d'ALTMANN, possède par contre un noyau (P) homogène avec masse de chromatine. Enfin la cellule (d), après avoir été traitée par le formolbichromate, présente

un noyau (R), d'aspect homogène encore, avec des masses de chromatine granuleuse.

Nous pourrions multiplier, à l'envie, les exemples qui montrent les modifications profondes que le protoplasma et le noyau sont susceptibles de subir sous l'influence des réac-

(1) CHAMPY. — Recherches sur l'absorption intestinale et le rôle des Mitochondries dans l'absorption et dans la sécrétion (*Arch. d'Anat. microsc.*, T. 13, 1911-12).

tifs chimiques. Mais nous nous en tiendrons à ceux que nous venons d'exposer. Ils suffisent, en effet, pour donner une idée des aspects variés que les éléments fondamentaux de toute cellule vivante sont susceptibles de prendre sous l'action coagulante des agents chimiques.

Or, si le protoplasme est si profondément altéré dans sa morphologie, si par suite de l'action des réactifs il y apparaît toutes sortes de corps figurés, depuis des fibrilles jusqu'à des sphérules, il n'est pas extraordinaire de penser que les chondriosomes pourraient bien être des précipitations prenant naissance, au sein même du protoplasma, sous l'action des réactifs employés.

La seule manière de se persuader qu'il n'en est pas ainsi c'est de reconnaître leur existence, dans la cellule vivante, sans le secours d'aucun artifice de préparation. Or nous allons voir maintenant que de telles observations ont été effectuées.

B) *Observation vitale ou post-vitale du Chondriome.*

La cellule animale se prête fort mal à ce genre d'étude. Cependant nous devons signaler à ce propos les observations effectuées par FAURÉ-FREMIET (1), ROMIEU (2), R. et H. LEWIS (3), RENAUT (4), LAGUESSE (5), LAGUESSE et DEBEYRE (6), NOEL (7), etc.

FAURÉ-FREMIET, en étudiant divers Protozoaires, a nettement observé chez ceux-ci, et sans l'intermédiaire d'aucun réactif,

(1) FAURÉ-FREMIET. — *Loc. cit.*, p. 14 du présent mémoire.

(2) ROMIEU. — Sur les mouvements intracytoplasmiques des mitochondries (*C. R. Soc. Biol.*, 1911).

(3) R. et H. LEWIS. — Mitochondria in tissue cultures (*The american journal of Anatomie*, 1915).

(4) RENAUT. — Mitochondries des cellules globuleuses du cartilage hyalin des Mammifères (*C. R. Acad. Sc.*, 1911).

(5) LAGUESSE. — Méthode de coloration vitale des chondriosomes par le vert Janus (*C. R. Soc. de Biol.*, 1912).

(6) LAGUESSE et DEBEYRE. — Sur les formes de Chondriosomes dans quelques glandes salivaires (*C. R. Soc. Biol.*, 1912).

(7) NOEL. — *Loc. cit.*, p. 7 du présent mémoire.

d'aucun colorant, les éléments du chondriome. Il a même pu voir, grâce à des conditions spéciales, ces mêmes éléments se transformer en vésicules identiques à celles que KUNSTLER (1) avait décrites, depuis longtemps déjà, chez les mêmes animaux.

ROMIEU, lui aussi, a observé le chondriome *in vivo*. Quant à R. et H. LEWIS c'est dans des cellules d'embryon de poulet, cultivées artificiellement, qu'ils ont nettement aperçu le chondriome. Ils décrivent en effet dans ces cellules, deux ou trois

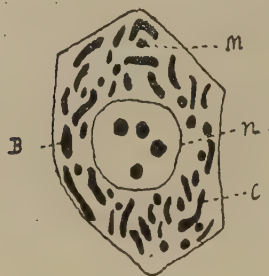


FIG. 5.

Empruntée à NOEL

Type de cellule hépatique, à l'état vivant examinée, sans coloration, sous le sérum tiède de Locke. Les chondriosomes, pour la plupart filamenteux, tranchent sur le reste de la cellule par leur réfringence.

cents éléments en forme de grains, bâtonnets et filaments, lesquels se différencient au sein du protoplasma grâce à leur réfringence plus accentuée.

LAGUESSE, puis LAGUESSE et DEBEYRE, RENAUT, ont vu aussi dans les cellules vivantes les chondriosomes. Mais ils n'ont pu effectuer leur observation qu'après avoir fait agir sur les éléments cellulaires des colorants dits vitaux, lesquels ont la propriété de se fixer sur certaines substances protoplasmiques

sans entraîner la mort de la cellule.

C'est ainsi que LAGUESSE puis LAGUESSE et DEBEYRE ont décélé les chondriosomes dans les éléments du pancréas et de diverses autres glandes, à l'aide du vert Janus, lequel fut employé, pour la première fois, par ERLICH.

C'est encore ainsi que RENAUT a pu voir les mêmes éléments à l'aide du violet de méthyle 5B en solution très diluée, dans les cellules d'un cartilage enlevé à un être vivant.

NOEL, quelques secondes après la mort de l'animal, a

(1) KUNSTLER. — Les éléments vésiculaires du Protoplasma chez les Protozoaires. (C. R. Acad. Sc., t. CVI, 1888).

observé le chondriome de la cellule hépatique dans le sérum de LOCKE tiède sans le secours d'aucune coloration (fig. 5). Il a remarqué dans ces conditions que « les chondriosomes se présentent soit sous forme de longs chondriocontes onduleux (*c*) et diversement entrecroisés entre eux, soit sous forme de courts bâtonnets (*b*); tous ces éléments se détachent nettement et leur observation est une des plus aisées sans le secours d'une coloration quelconque. Ils sont répartis à peu près uniformément dans l'aire protoplasmique et ne présentent pas de mouvements facilement perceptibles. Des mitochondries granuleuses (*M*) sont disséminées entre les filaments; elles sont arrondies, de dimensions analogues, leur réfringence est identique à celle des chondriocontes. »

Enfin, on est en droit d'affirmer maintenant que lorsque FLEMMING a émis sa théorie de la constitution filaire du protoplasma, c'est sur l'étude de chondriocontes (inconnus à cette époque) qu'il l'a fondée, au moins en partie.

Mais si la cellule animale se prête difficilement à l'examen du chondriome, *in vivo*, il n'en est pas de même de la cellule végétale. Des auteurs, comme MAXIMOW (1), LEWITSKY (2), RUDOLPH (3), GUILLIERMOND (4), MIRANDE (5), EMBERGER (6), MANGENOT (7), etc., etc., l'y ont aperçu nettement et il n'y a

(1) MAXIMOW. — Sur les Chondriosomes des cellules vivantes des plantes (*Anat. Anzeiger*, 1912).

— Sur les méthodes de fixation et de coloration des chondriomes (*Soc. Biol.*, 1916).

(2) LEWITSKY. — Die chloroplastenanlagen in lebenden und fixierten Zellen von *Elodea canadensis* (*Ber. der Deutsch. Bot. Ges.*, t. XXIX, 1912).

— Vergleichenden Untersuchung über die Chondriosomen in lebenden und fixierten Pflanzenzellen (*Ber. d. Deutsch. Bot. Ges.*, t. XXIX, 1912).

— Die Chondriosomen als Sekretbilder bei den Pilzen (*Ibid.*, 1912).

(3) RUDOLPH. — Chondriosomen und Chromatophoren (*Ber. der Deutsch. Bot. Ges.*, 1912).

(4) GUILLIERMOND. — Le Chondriome des Végétaux (*Rev. gen. Bot.*, t. 31, 1919).

(5) MIRANDE. — Sur le Chondriome, les chloroplastes et les corpuscules nucléaires du protoplasma des *Chara* (*C. R. Acad. Sc.*, 1919).

(6) EMBERGER. — *Recherches sur l'origine de l'évolution des Plastides chez les Pteridophytes* (Th. Doct. Sc. nat., Paris, 1921).

(7) MANGENOT. — *Recherches sur les constituants morphologiques du cytoplasma des Algues* (Th. Doct. Sc. nat., Paris, 1922).

qu'à suivre la technique de GUILLIERMOND, par exemple, pour les y apercevoir soi-même.

C'est surtout en s'attachant à reconnaître l'évolution des chloroplastes que MAXIMOW a pu voir, *in vivo*, les éléments du chondriome. Il les a aussi nettement aperçus dans les poils des cotylédons de *Cucurbita pepo*.

LEWITSKY les a reconnus, à son tour, dans les écailles axillaires et les feuilles d'*Elodea canadensis* qu'il observait, pour

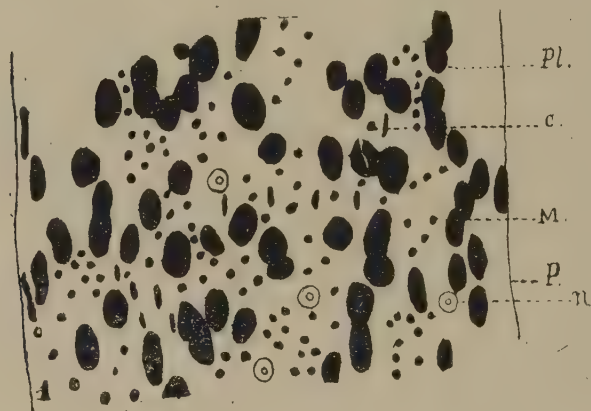


FIG. 6.

Empruntée à MANGENOT.

Filament de *Vaucheria* observé directement sur le vivant. Entre les chloroplastes (*Pl.*), dont beaucoup sont en voie de division, on aperçoit les chondriocentes (*c.*) et les mitochondries (*M.*). Ça et là quelques noyaux (*n.*).

cela, dans une goutte d'eau. Il a même assisté à leur transformation en chloroplastes et, ce, sans le secours d'aucun réactif.

RUDOLPH s'est contenté de vérifier dans la tige d'*Asparagus officinalis* les observations de LEWITSKY.

GUILLIERMOND les a vus un peu partout; puis EMBERGER et MANGENOT ont constaté leur existence, *in vivo*, dans les Ptéridophytes et les Algues (fig. 6).

C. — RÉSUMÉ.

Le protoplasma étant une substance essentiellement fragile, il est très délicat d'affirmer, à priori, que les corpuscules décelés par les réactifs qu'on fait agir sur lui existent bien à l'état naturel, c'est-à-dire avant que ces réactifs aient produit leur effet. Mais, lorsque cette révélation est ensuite contrôlée par l'examen vital de la cellule, il n'y a plus de doute possible. Or, en l'espèce, des auteurs nombreux dont nous n'avons pas le droit de suspecter la sincérité et la réalité des observations qu'ils ont faites, puisqu'elles peuvent être contrôlées par n'importe qui, ont observé le chondriome *in vivo*.

Dans ces conditions, nous estimons qu'il est logique d'admettre son existence réelle et de voir dans les chondriosomes autre chose que de simples artefacts.

CHAPITRE II

De la morphologie, de la constitution physico-chimique, de la fixation et de la coloration des Chondriosomes.

A. — MORPHOLOGIE DES CHONDRIOSOMES.

A) *Forme.*

Nous avons été amené, au début même de ce travail, à dire quelques mots de la forme des éléments du chondriome. Nous y reviendrons toutefois ici et nous rappellerons que ces corpuscules apparaissent comme de petits organites disséminés, en nombre plus ou moins considérable, au sein du cytoplasma.

Tantôt ils ont la forme de grains. Dans ces conditions ils peuvent être isolés ou bien disposés en série, en chaînette. Dans le premier cas on les appelle des mitochondries; dans le second des chondriomites. Tantôt au contraire ils ont la forme de bâtonnets, de filaments allongés, onduleux, parfois même ramifiés. On leur donne alors le nom de chondriocontes (fig. 7).

Les chondriosomes, mitochondrie et chondrioconte, sont communs aux deux Règnes et l'on peut les apercevoir très souvent, côte à côte, dans le même élément cellulaire. Par contre la forme chondriomite, fréquemment observée dans la cellule animale, paraît faire défaut dans le Règne végétal. Cependant, lorsque les cellules végétales sont placées dans des

conditions défavorables ou sont en voie de dégénérescence, il n'est pas rare alors de l'y apercevoir.



FIG. 7.

1. Empruntée à G. DUBREUIL. Cellule fixe du tissu conjonctif montrant des chondriocotes (*c*). — 2. Empruntée au même auteur. Cellule adipeuse jeune montrant d'abondantes mitochondries (*M*). — 3. Empruntée à FAURÉ-FREMIET. Cellules d'*Operculina notonectæ* montrant des chondriomites (*Ch*). — 4. Empruntée à G. DUBREUIL. Très jeune cellule adipeuse montrant des mitochondries (*M*) et des chondriocotes (*c*). — 5, 6, 7. Empruntées à GUILLIERMOND. 5) Eléments cellulaires procambiaux avec chondriocotes. 6) Cellule d'une fleur très jeune de *Tulipa suaveolens* avec mitochondries et chondriocotes. 7) Même cellule excessivement jeune ne montrant que des mitochondries.

B) Dimensions.

Les mitochondries, ainsi que toutes les autres formes du reste, sont toujours de très petite dimension. Les premières

ne dépassent guère $1\ \mu$ dans les deux Règnes. Toutefois, cette mesure n'est qu'une moyenne, car chez certains Infusoires on peut la voir s'élever à $1\ \mu\ 5$. Quant aux chondriocotes leur longueur peut atteindre $3\ \mu\ 5$ et exceptionnellement 7 à $8\ \mu$ (G. Dubreuil : dans les « Cellules conjonctives fixes, fibro-blaste de quelques auteurs »).

c) *Ramification.*

Lorsque les chondriosomes se présentent sous la forme de bâtonnets, ceux-ci peuvent être plus ou moins courts, plus ou

moins flexueux. De plus, ils sont presque toujours d'une seule venue. Cependant, on peut observer, dans certains cas, qu'ils se ramifient (fig. 8).

LAGUESSE (1), MEVES (2), R. et H. LEWIS (3), CHAVES (4), etc., etc., en ont en effet rencontré, dessiné et décrit. De même GUILLIERMOND. Nous reproduisons du reste ici des figures, empruntées à certains de ces auteurs, qui nous montrent fort nettement cette rami-

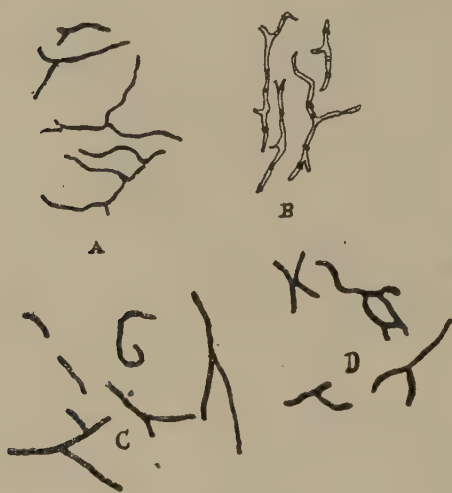


FIG. 8.

- A. Empruntée à R. et H. LEWIS. Chondriocotes ramifiés appartenant à une cellule d'embryon de poulet. — B. Empruntée à GUILLIERMOND. Chondriocotes d'une cellule épidermique du stigmate d'*Iris germanica*. — C. Empruntée à COWDRY. Chondriocotes ramifiés de la racine de *Pisum sativum*. — D. Empruntée à COWDRY. Chondriocotes ramifiés du pancréas de la Souris.

fication, laquelle peut être parfois très compliquée comme on peut facilement s'en rendre compte.

(1) LAGUESSE. — *Loc. cit.*, p. 17 du présent mémoire.

(2) MEVES. — *Loc. cit.*, p. 10 du présent mémoire.

(3) R. et H. LEWIS. — *Loc. cit.*, p. 17 du présent mémoire.

(4) CHAVES. — Sobre a cellula serosa pancreatica (*Archivo de Anatomia e Anthropologia*, Lisbonne, 1917).

B. — CONSTITUTION PHYSICO-CHIMIQUE DES CHONDRIOSOMES.

A) *Constitution physique.*

Il est bien difficile, dans l'état actuel de nos connaissances sur ces organites, de dire, même sommairement, quelque chose de définitif sur leur constitution physique. Sont-ce des corps spongieux ? Sont-ce de petites masses formées par une substance semi-fluide, voire même tout à fait fluide ? Nul ne peut l'affirmer. Toutefois, si l'on se reporte aux observations de GUILLIERMOND (1), de SAUVAGEAU (2) et de bien d'autres encore, sur le mouvement des chondriosomes et des chromatophores (3), on peut dire que la substance de ces corpuscules en général est d'une extrême plasticité, d'une grande élasticité.

B) *Constitution chimique.*

Nos connaissances sur leur constitution chimique ne sont guère plus avancées. Elles sont même aussi vagues, aussi imprécises. Toutefois, de nombreuses recherches ont été effectuées dans ce sens ; il est juste de les exposer ici, afin de montrer les efforts sérieux qu'ont tentés divers savants pour tâcher de se faire une opinion sur cette constitution. Mais, tout d'abord, rappelons que ces corpuscules font partie du protoplasma. Certains pensent même qu'ils sont du protoplasma condensé. Dans ces conditions, leur constitution chimique doit présenter au moins quelque rapport avec celle de la matière vivante. Et il ne paraît pas trop anormal de dire, à priori, que les chondriosomes sont de petites masses albuminoïdes. Essayons maintenant de préciser un peu plus leur constitution chimique.

A ce propos, REGAUD (4) fut le premier à supposer que les

(1) GUILLIERMOND. — Le chondriome des végétaux (*Rev. génér. Bot.*, t. 31, 1919).

(2) SAUVAGEAU. — Sur le mouvement propre des Chromatophores (*C. R. Acad. Sciences*, 1917).

(3) Les chromatophores seraient des chondriomes.

(4) REGAUD. — Caractères histologiques généraux des enclaves lipéïdes ne réduisant pas l'acide osmique (*C. R. Soc. Biol.*, t. LXV).

chondriosomes devaient être des complexes albumino-lipoides et, cela, à la suite de longues et minutieuses recherches sur les meilleurs fixateurs. Il constata en effet que l'élimination des solvants des graisses et des lipoides permettait la bonne fixation et la coloration ultérieure du chondriome. L'acide acétique notamment, qui est fréquemment associé à d'autres substances dans les réactifs fixateurs, empêchait la coloration par dissolution des lipoides.

Ces mêmes recherches amenèrent REGAUD à dire : 1^o que la chromisation des pièces est nécessaire pour rendre colorables les lipoides ; 2^o que cette chromisation peut s'effectuer soit au moment de la fixation, soit après celle-ci avant tout passage par l'alcool ; 3^o que la chromisation agit en insolubilisant partiellement les lipoides.

Or cet auteur fit remarquer à ce propos que la technique des mitochondries comportait des faits analogues. Il fit encore observer que si l'on suit les variations des corps lipoides du syncytium nourricier, aux différents stades du cycle spermatogénique, on constate d'abord que ces variations sont exactement parallèles à celles des mitochondries et, ensuite, que la distribution topographique des deux formations est la même.

REGAUD conclut, dans ces conditions, à une parenté fort étroite entre les mitochondries et les lipoides. Poussant encore ses déductions plus loin, il homologua le contenu clair des chondriosomes à une masse plus ou moins complexe de lipoides et vit dans la membrane qui l'entoure, de la substance mitochondriale proprement dite.

Quant à ce où ces lipoides ils appartiennent, pour Regaud, à la catégorie des graisses phosphorées. On sait en effet que les lipoides sont des corps gras complexes, renfermant, en quantité variable, du phosphore, des groupes animés, des groupes hydrocarbonés. Or on classe actuellement ces corps en lipoides sans phosphore dont le type est la cholestérine ; en lipoides azotés et phosphorés : amino-phosphatides ou phosphatides proprement dits ; enfin, en lipoides hydrocarbonés ayant pour type les galactosides (ou cérébrosides).

C'est donc aux phosphatides que se rattacheraient, d'après REGAUD, certaines substances entrant dans la constitution des chondriosomes. Peut-être serait-ce des lécithines, c'est-à-dire des phosphatides contenant un noyau gras, un noyau glycérophosphorique et un noyau de choline, autrement dit, une ammoniaque organique?...

A la même époque, et d'une manière indépendante, FAURÉ-FREMIET (1) fut amené à penser que la colorabilité des chondriosomes devait être analogue à celle des substances grasses.

Reprenant ensuite cette idée, en collaboration avec MAYER et SCHEFFER (2), il tenta de colorer systématiquement soit directement soit par les méthodes mitochondriales usitées toute une série de corps parmi lesquels on doit citer : des acides gras, des savons, des éthers, des glycérides, etc. et enfin des corps extraits des tissus vivants tels que phosphatides, cérébrosides, etc.

Dans ces conditions, ces trois auteurs remarquèrent que les colorants vitaux, qui décèlent les mitochondries, coloraient avec intensité la série des acides gras, c'est-à-dire les acides butyrique, valériannique, caproïque, caprylique, laurique, palmitique, stéarique, oléique, ricinoléique, linoléique, sébacique, érucique, etc., etc., lesquels acides sont répandus dans les cellules animales et végétales.

Par contre ces mêmes colorants laissaient incolores, ou très faiblement colorés, les savons ainsi que les éthers de ces acides avec la cholestérine.

Les monoglycérides furent fortement colorés; les diglycérides un peu moins; enfin les triglycérides peu ou pas.

Ayant ensuite appliqué à ces corps les méthodes mitochon-

(1) FAURÉ-FREMIET. — Le Tintunnidium inquilinum (*C. R. Ass. Anal. Congrès Marseille, 1908*).

(2) FAURÉ-FREMIET, MAYER et SCHÆFFER. — Sur la constitution et le rôle des mitochondries (*Soc. Biol., 1909*).

— Sur les réactions chimiques des mitochondries (*Soc. Biol. 1909*).

— Sur la microchimie des corps gras; application à l'étude des mitochondries (*Arch. Anat. Micros., t. XII, 1912*).

driales, c'est-à-dire leur coloration après fixation à l'aide de l'acide chromique, des bichromates, des sels de fer, de platine, d'urane, de l'acide osmique, des mélanges chromo-osmiques, ce furent encore les mêmes acides gras, ou leurs combinaisons d'adsorption avec certains protéides, qui prirent toutes les colorations mitochondriales. A la suite de ces résultats, ces auteurs pensèrent pouvoir affirmer la présence dans les chondriosomes d'un ou de plusieurs acides gras, puisque ceux-ci, après leur adsorption par des albuminoïdes ou après leur combinaison avec les phosphatides, donnaient les mêmes réactions qu'à les chondriosomes sous l'influence des colorants mitochondriaux.

Du reste, FAURÉ-FREMIET fut amené à la même conception par ses études sur les chondriosomes des testicules du Rat. Il montra en effet que les chondriosomes, considérés comme éléments morphologiques, sont incomplètement insolubles dans tous les solvants des graisses. On ne peut donc admettre qu'ils soient constitués uniquement par de simples gouttelettes de matière grasse.

Cependant, le passage des chondriosomes dans ces solvants modifie considérablement leur colorabilité et les empêche généralement d'être colorées ensuite par les méthodes qui leur sont spéciales. Ce fait montre donc que quelque chose a, malgré tout, été enlevé aux chondriosomes par ces solvants. Or, étant donnée la propriété de ceux-ci, il est logique d'admettre que le quelque chose disparu des chondriosomes est de nature grasseuse. D'autre part si l'on fait agir longuement les solvants des corps gras sur les chondriosomes ceux-ci gardent, malgré tout, quelques propriétés de colorabilité à l'égard de la fuchsine, produit pour lequel les acides gras ont la plus grande affinité.

Ces quelques remarques nous amènent donc encore à soupçonner l'existence d'acides gras dans les chondriosomes révélés par la méthode de BENDA.

D'après ce que nous venons d'exposer, il apparaît que les éléments du chondriome semblent donc être des complexes

colloïdaux de nature lipo-protéique. Mais il n'est pas possible d'être plus précis sur ces corps gras qui entrent dans la constitution des chondriosomes. On peut cependant penser qu'il n'y a en eux ni graisse neutre, ni savon. Quant à penser qu'un jour viendra où il sera possible de donner une définition chimique générale des éléments du chondriome, il n'y faut point songer. Tout porte à croire en effet que les chondriosomes de cellules différentes sont eux-mêmes de différentes compositions. Il en est par exemple ainsi pour les mitochondries du foie et du rein et, dans ce dernier organe, pour celles des divers segments du tube urinaire. Il en est de même encore pour le syncytium seminal et les cellules sexuelles mâles et femelles où l'on trouve non pas une, mais des espèces de mitochondries.

C. — FIXATION ET COLORATION DES CHONDRIOSOMES.

Nous venons de voir, dans ce qui précède, que les chondriosomes doivent être certainement des complexes colloïdaux de nature lipo-protéique et nous savons aussi qu'ils sont toujours situés dans le protoplasma. Mais pour les étudier aisément, il est nécessaire de fixer la forme sous laquelle ils se présentent dans la cellule vivante et de les colorer ensuite pour mieux la préciser.

Il y a donc lieu, par conséquent, de tenir le plus grand compte de leur nature chimique probable pour mener à bien ces deux manipulations successives sur lesquelles nous allons nous étendre maintenant.

A) *Fixation.*

Le principe de la fixation est basé sur une sorte de tannage que subissent les chondriosomes sous l'influence de certains corps chimiques liquides.

1^o *Critique des liquides fixateurs.* — D'une façon générale, on reproche aux liquides fixateurs, employés en cytologie, d'altérer plus ou moins profondément le protoplasma et de

provoquer ainsi des structures artificielles. Autrement dit, du fait qu'un fixateur a agi sur une masse protoplasmique, on n'est plus en droit d'affirmer que la forme de cette masse, après cette action, soit bien celle qu'elle possédait avant l'influence du fixateur.

SCHWARTZ (1), FLEMMING (2), KÖLLIKER (3), HENNEGUY (4), FISCHER (5), FAURÉ-FREMIET, MAYER et SCHAFER (6) et d'autres encore ont montré la sensibilité extrême du protoplasma à ce genre de réactif. FLEMMING a fait voir en outre, dans son remarquable travail sur la cellule, combien l'action de ces corps varie suivant la nature des éléments sur lesquels ils agissent. Il a montré, par exemple, que l'acide osmique conserve parfaitement bien la structure des œufs de Mammifères et celle des cellules cartilagineuses, tandis qu'il rétracte la charpente des cellules hépatiques et altère la forme et le rapport des filaments chlorophylliens des cellules de Spirogyre. Il montre encore que les acides chromique et picrique conservent, d'une façon satisfaisante, la charpente fibrillaire et la substance interfibrillaire des cellules animales, des œufs d'Echinodermes, de Mollusques. Mais il montre aussi que les ovules des Mammifères sont fortement altérés par eux, alors qu'ils sont bien conservés par l'acide osmique.

Or les recherches qu'a faites GUILLIERMOND (7) à ce propos dans le Règne végétal l'ont amené à classer les fixateurs en trois catégories.

Première catégorie. — Dans la première entrent les corps fixant convenablement le noyau, mais bouleversant plus ou moins entièrement la structure cytoplasmique et, partant,

(1) SCHWARTZ. — Die morph. und Chemie Zusammensch. des Protoplasma (*Beiträge zur Biologie des Pflanzen.*, 1887).

(2) FLEMMING. — *Zellsubstanz, Kern und Zelltheilung*, Leipzig, 1882.

(3) KÖLLIKER. — *Handbuch des gewebelehre des Menschen*, Leipzig, 1889.

(4) HENNEGUY. — *Leçons sur la cellule*, Paris, 1896.

(5) FISCHER. — *Fixierung, Färbung und Bau des Protoplasma*, Iéna, 1899.

(6) FAURÉ-FREMIET. — Sur les réactions chimiques des mitochondries (*Soc. Biol.*, 1900).

(7) GUILLIERMOND. — *Loc. cit.*, p. 19 du présent mémoire.

détériorant les chondriosomes. Cependant ces fixateurs sont les plus communément employés. Parmi ceux-ci, on doit citer en effet : l'alcool à 95° ou absolu, l'alcool iodé, la solution alcoolique d'acide picrique à saturation, la solution saturée de sublimé, le liquide picroformolé de BOUIN, les liquides de PERENYI, de LADOWSKY, de ZENKER, de TELLYESNICZKY, de MANN, de CARNOY, etc., etc.

L'action de certains de ces fixateurs sur le chondriome est parfois telle que celui-ci devient méconnaissable. C'est ainsi, par exemple, que le ZENKER et le TELLYESNICZKY provoquent la transformation des chondriocontes en grosses vésicules arrondies, à parois granuleuses, avec ou sans anastomose. Le PERENYI détermine la formation de réseaux avec dilatations granuleuses. L'alcool absolu, les liquides de LENHOSSEK, de LADOWSKY, l'alcool iodé, l'alcool saturé d'acide picrique ou de sublimé, donnent des réticulum plus visibles avec de grosses vésicules à contours irréguliers qui montrent une tendance à se transformer en petites granulations.

Le liquide de CARNOY fragmente les chondriocontes en petites vésicules lesquelles cherchent à confluer ensuite. Le liquide de MANN transforme encore les chondriocontes en grosses vésicules. Le Bouin paraît agir plus lentement, mais aussi plus sûrement, en contractant très fortement cette variété de chondriosomes.

Comme on le voit l'action de tous ces fixateurs est nette. De plus, elle s'explique car l'alcool et l'acide acétique qui entrent dans la constitution de la plupart de ces liquides sont, en grande partie, les auteurs de ces déformations. Il est démontré en effet, aujourd'hui, que les fixateurs renfermant l'un de ces deux derniers liquides, dissolvent les chondriosomes animaux ou végétaux, plus ou moins complètement, et engendrent dans le protoplasma une structure artificielle d'aspect granulo-alvéolaire. De telle sorte que si des chercheurs non avisés, inexpérimentés aussi peut-être, usent de ces produits, ils risquent fort de ne jamais voir le chondriome.

Deuxième catégorie. — Dans la deuxième catégorie, GUILLERMOND fait entrer les solutions aqueuses concentrées d'acide picrique et de bichlorure de mercure ainsi que le liquide de FLEMING fort. Contrairement à ce qu'a soutenu LEWITSKY (1) ces divers liquides respectent le chondriome dans son ensemble mais en ratatinent un peu les éléments : ce qui entraîne une légère modification de leur forme. Du reste les recherches de COWDRY (2) qui ont porté, à la fois, sur des cellules animales et végétales, montrent qu'il en est bien ainsi.

Troisième catégorie. — Enfin, dans la troisième catégorie rentrent tous les fixateurs qui ont été employés durant ces dernières années, c'est-à-dire ceux qui constituent les bases des méthodes dites mitochondriales et qui portent les noms de méthodes d'ALTMANN, de BENDA, de REGAUD (méth. IV), etc., etc. Si certaines de ces méthodes sont susceptibles de provoquer un début d'alvéolisation du protoplasma, du moins, dans tous les cas, le chondriome est parfaitement fixé dans sa forme naturelle. Cependant il est intéressant de signaler, par exemple, que le fixateur (3) de REGAUD provoque la transformation partielle des chondriocentes à cause même de la faible quantité d'acide acétique qu'il contient. Par contre le BENDA, dans lequel on a supprimé l'acide acétique, n'a pas cet inconvénient.

Un autre fixateur qu'on doit rattacher au troisième groupe est le formol à 40 %. SAPHIN (1) l'a recommandé pour la fixation du chondriome de la cellule végétale. La méthode (IV)

(1) LEWITSKY. — Über die chloroplastenanlagen in lebenden und fixierten Zellen von *Elodea canadensis* (*Ber. der Deutsch Bot. Ges.*, t. XXIX, 1912).

— Vergleichende Untersuchung über die Chondriosomen in lebenden und fixierten Pflanzellen (*Ber. d. Deutsch Bot. Ges.*, t. XXIX, 1912).

(2) COWDRY. — The vital Staining of Mitochondria White Janus Green and Diethylsafranin in Human Blood cells (*Inter. Monatsch. Anat. u. Phys.*, 1914).

— A comparison of Mitochondrie in Plant and animals cells (*The Biological Bull.*, 1917).

(3) SAPHIN Untersuchungen über die Individualität der Plastide (*Ber. der Deutsch Bot. Gesell.*, 1913 et Odessa 1913).

de REGAUD est basée sur lui. BANG et SJÖVALL (1) ont montré dernièrement que ce fixateur donne d'excellents résultats sans postchromisation, même avec la cellule hépatique de la Grenouille. La même méthode a aussi été préconisée par COWDRY. GUILLIERMOND l'a essayée sur le chondriome des cellules de la fleur de Tulipe et a ainsi obtenu des fixations convenables. Cependant il a été amené à reconnaître que le protoplasma de ces cellules se colorait plus vivement ensuite, ce qui nuisait à la nette visibilité des chondriosomes. Enfin il a observé encore une légère contraction de ces derniers.

Le fait que le formol sans postchromisation semblerait suffire à fixer convenablement le chondriome animal, a incité GUILLIERMOND à rechercher si, dans le Règne végétal, cette postchromisation est vraiment nécessaire aussi. On sait que son utilité a été reconnue par DUESBERG (2), BANG, SJÖVALL, COWDRY. Or GUILLIERMOND a obtenu lui aussi d'excellents résultats sans elle. Pour cet auteur le bichromate de potasse ne semblerait pas jouer le rôle essentiel d'insolubilisateur des lipoides mitochondriaux, comme ceci est admis par REGAUD et POLICARD (3). Cependant il convient d'autre part de son rôle important car il reconnaît que les résultats obtenus avec le mélange formol-bichromate sont supérieurs à ceux qu'on obtient avec le formol seul.

Enfin, pour en terminer avec les fixateurs, on doit encore rattacher au troisième groupe deux autres liquides sans effet sur le chondriome : nous voulons parler de l'eau iodo-iodurée et de la solution osmique à 1 %.

L'eau iodo-iodurée, en effet, n'a pas d'action appréciable sur la masse vivante. Elle ne provoque en elle aucune déformation et, partant, lui conserve l'allure générale qu'elle

(1) BANG et SJÖVALL. — Studien über chondriosomen unter normalen und pathologischen Bedingungen (*Beiträge path. Anatomie und zur allgemeinen Path.*, 1916).

(2) DUESBERG. — Plastosomen, Apporato-reticulare Interno, und chromidialapparat (*Anatomische Hefte*, 1913).

(3) REGAUD et POLICARD. — Sur la signification de la rétention du chrome en technique histologique au point de vue des lipoides et des mitochondries (*Soc. Biol.*, 1913).

possédait *in vivo*. Quant aux chondriosomes, ils ne sont pas non plus déformés par cette liqueur. Malheureusement l'eau iodo-iodurée est un fixateur bien peu énergique qu'il vaut même mieux ne pas employer.

La solution osmique à 1 % conserve bien la forme de la cellule entière, mais elle rend le plus souvent le protoplasma homogène. Toutefois, malgré cette action, elle respecte les chondriosomes.

En résumé, l'eau iodo-iodurée (quoique fixateur très faible), la solution osmique au 1/100, les liquides chromo-osmiques et le formol à 40 % peuvent être considérés comme sans action déformante sur le contenu cellulaire. Ils respectent en effet dans leur forme réciproque la masse vivante et les chondriosomes.

Toutefois les liquides chromo-osmiques méritent une mention spéciale. Ils sont des fixateurs parfaits des complexes albumino-lipoides qui constituent les chondriosomes, à la condition de ne pas contenir de l'acide acétique. Ils tannent pour ainsi dire ceux-ci, comme l'ont montré les délicates et patientes recherches de REGAUD (1) et de G. DUBREUIL (2) et leur conservent de ce fait leur forme naturelle.

Par contre, conformément aux recherches de FAURÉ-FREMIET, de REGAUD, de G. DUBREUIL, de LEWITSKY, de R. et H. LEWIS (3), de GUILLIERMOND, etc., etc., on peut dire que les liquides contenant de l'alcool et de l'acide acétique ont une action néfaste sur les chondriosomes qu'ils transforment d'une manière plus ou moins complète. Ainsi se trouve infirmée l'opinion de RUDOLPH (4) et d'ALVARADO (5) qui ont prétendu que ces substances les fixent nettement et sans altération.

(1) REGAUD. — *Loc. cit.*, p. 25 du présent mémoire.

(2) DUBREUIL. — *Le chondriome et le dispositif de l'activité sécrétoire*, 1912.

(3) R. et H. LEWIS. — *Loc. cit.*, p. 17 du présent mémoire.

(4) RUDOLPH. — *Loc. cit.*, p. 19 du présent mémoire.

(5) ALVARADO. — *Plastosomus y leucoplastos en algunas Fañerogamas sobre el estudio del condrioma de la cellula vegetal con el metodo tano argéntico* (*Bull. del labo de Investiga, biologicas de la Univers. de Madrid*, 1918).

Passons maintenant en revue quelques-uns des fixateurs les plus employés et voyons comment on procède avec eux.

2^o *Fixateurs à employer.* — On vient de voir que les fixateurs peuvent être groupés en liquides conservant la structure du noyau mais bouleversant entièrement le protoplasma et en liquides gardant au protoplasma sa physionomie vivante, sans cependant mettre nettement en lumière tous les caractères du noyau.

Or si on se place maintenant au point de vue exclusif des chondriosomes on peut dire encore que les seuls fixateurs à retenir, sont ceux dans la composition desquels n'entre ni alcool, ni acide acétique. A ce titre on peut alors citer comme fréquemment employés :

Le liquide d'ALTMANN,
Le liquide de BENDA,
Le liquide IV de REGAUD,

Le formol commercial : celui-ci constituant du reste le liquide IV de REGAUD.

Liquide d'Altmann. — Ce liquide est ainsi constitué :

Solution aqueuse de bichromate de potasse à 5 %
Solution aqueuse d'acide osmique à 2 %

et, ce, par parties égales.

ALTMANN employait encore un autre fixateur ayant la composition suivante :

Solution d'azotate de potasse à 30 %
saturée d'oxyde de mercure 4 vol.
Eau 3 vol.
Acide formique à 50 % 1 vol.

Parfois, ALTMANN remplaçait ce dernier corps par un mélange, en parties égales, d'une solution de molybdate d'ammoniaque à 2,5 % et d'une solution d'acide chromique de 0,5 à 1 %.

Liquide de Benda. — Lorsqu'on veut au contraire appliquer au chondriome le liquide de BENDA, on commence tout d'abord par fixer le corps au FLEMMING dans lequel on supprime ordinairement l'acide acétique. On laisse ainsi macérer l'objet pendant huit jours. Puis on lave au bout de ce temps, pendant une heure, dans l'eau courante.

On le traite ensuite pendant vingt-quatre heures dans la solution ainsi constituée :

Acide pyroligneux rectifié	100 cmc.
Acide chromique à 1 0/0	100 cmc.

Après ce bain, on place l'objet dans une solution de bichromate de potasse à 2 0/0 pendant vingt-quatre heures; puis on le lave encore à l'eau courante pendant vingt-quatre heures. A ce moment la fixation est terminée et l'objet peut être inclus.

Liquide IV de Regaud. — En règle générale, REGAUD a toujours recommandé la solution :

Bichromate de potassium en solution aqueuse à 2 0/0	80 vol.
Formol commercial	20 vol.

L'action de ce liquide doit se faire sentir sur des pièces de faible volume, au moins pendant quatre jours, en changeant le liquide. Du reste la macération peut aller jusqu'à plusieurs semaines, voire même plusieurs mois, comme dans le cas de l'épiderme (FABRE).

3^o *Affinage des préparations.* — Enfin, nous devons ajouter que quel que soit le procédé de coloration adopté dans la suite, il convient, toutes les fois que la fixation est faite avec des liquides possédant de l'acide osmique, de faire subir une oxydation aux coupes afin de détruire l'action défavorable de ce corps sur la colorabilité des tissus.

Pour ce faire on immerge, pendant quelques secondes environ, les coupes dans une solution de permanganate de potasse à 1 0/0, puis dans une solution d'acide oxalique à 4 0/0.

B) Coloration.

Passons maintenant à l'étude de la coloration des chondriosomes.

La coloration des chondriosomes peut être effectuée de deux façons : soit post-vitalement, soit après fixation.

1^o *Coloration « post-vitale »*. — Cette coloration a été observée par divers auteurs. C'est ainsi que V. LA VALETTE SAINT-GEORGES (1), BOLLES LEE (2), HENNEGUY (3) sont parvenus à colorer les chondriosomes des cellules séminales d'Insectes, de Mollusques et d'œufs, à l'aide du violet de gentiane ou de dahlia.

Les recherches de MICHAELIS (4), LAGUESSE (5), LAGUESSE et DEBEYRE (6), COWDRY (7), ont aussi montré que le vert Janus a une affinité vraiment remarquable pour les chondriosomes.

Enfin FAURÉ-FREMIET (8) a pu obtenir la coloration avec le violet de dahlia; J. RENAUT (9) avec le violet de méthyle 5 B et GURWITSCH avec le bleu de toluidine.

GUILLIERMOND (10), à son tour, a essayé ces divers colorants

(1) V. LA VALETTE SAINT-GEORGES. — Ueber die Genese der Samenkörper (*Arch. f. mikr. Anat.*, Bd. III).

— Zur Samen und Tibildung beim Seidenzpinner (*Bombyx mori*) (*Arch. f. Mikr. Anat.*, Bd. L).

(2) BOLLES LEE. — La spermatogénèse chez les Chétognathes (*La Cellule*, t. IV).
— La structure du spermatozoïde d'*Helix pomatia*, son évolution (*La Cellule*, t. XXI).

(3) HENNEGUY. — *Loc. cit.*, p. 12 du présent mémoire.

(4) MICHAELIS. — Die vitale Furbung : ein Darstellungs methode den Zell granula (*Arch. j. mik. Anat.*, 1889).

(5) LAGUESSE. — *Loc. cit.*, p. 17 du présent mémoire.

(6) LAGUESSE et DEBEYRE. — *Loc. cit.*, p. 17 du présent mémoire.

(7) COWDRY. — *Loc. cit.*, p. 32 du présent mémoire.

(8) FAURÉ-FREMIET. — *Loc. cit.*, p. 32 du présent mémoire.

(9) RENAUT. — De l'activité sécrétoire et de la fonction glandulaire (*Revue de Médecine*, 1911) et Mitochondries des cellules globuleuses du cartilage hyalin des Mammifères (*Acad. des Sc.*, 1912).

(10) GUILLIERMOND. — *Loc. cit.*, p. 19 du présent mémoire.

sur les cellules épidermiques de pétales de Tulipe, de feuilles et de bractées d'*Iris germanica*. Ces recherches l'ont amené à constater que la coloration vitale, dans la cellule végétale, est bien plus difficile à obtenir que dans la cellule animale, peut-être à cause de l'existence d'une paroi cellulaire rigide. D'autre part le même auteur n'a observé le plus souvent l'existence de la coloration que dans les cellules en souffrance, c'est-à-dire dans celles qui s'approchent de la mort. Toutefois il reconnaît avoir obtenu, dans certaines cellules normales, d'excellentes colorations de chondriosomes avec le vert Janus et le violet dahlia.

A côté de ces colorants du chondriome, il y a lieu de signaler encore le bleu de Nil, le bleu crésil et le rouge neutre dont l'usage est des plus répandus.

D'après les importantes observations de FAURÉ-FREMIET, MAYER et SCHLEFFER (1), sur les cellules sexuelles et les Protozoaires, le rouge neutre teint fortement certaines granulations mais laisserait les chondriosomes incolores. Le bleu de Nil au contraire, ainsi que le bleu de crésil, coloreraient simultanément et ces granulations et ces chondriosomes. Pour ces mêmes auteurs les violets de dahlia et de gentiane, le brun Bismarck et, dans certains cas, le bleu de méthylène, donneraient aux chondriosomes une coloration élective.

Enfin, toujours d'après ces mêmes auteurs, la coloration vitale du chondriome s'expliquerait de la manière suivante. Les chondriosomes renferment des corps gras. Or certains colorants vitaux sont solubles dans les corps gras et ceux qui colorent le mieux le chondriome sont ceux dont la solubilité y est maxima.

2^e *Coloration après fixation*. — Les colorations qu'on peut faire subir aux cellules après leur fixation sont relativement nombreuses. D'après MANGENOT (2) aucune d'elles ne serait

(1) FAURÉ-FREMIET, MAYER et SCHLEFFER. — *Loc. cit.*, p. 14 et p. 27 du présent mémoire.

(2) MANGENOT. — *Loc. cit.*, p. 19 du présent mémoire.

vraiment spécifique des chondriosomes, pas même celle de BENDA qui cependant est considérée comme telle depuis bien longtemps. Il serait avéré aujourd'hui, en effet, qu'elle met aussi en évidence d'autres formations qui n'ont rien de commun avec les chondriosomes. Dans ces conditions seule la fixation aurait un rôle électif, car elle conserverait certains éléments de la cellule, les chondriosomes, et en détruirait d'autres. La coloration se bornerait donc simplement à révéler l'action du fixateur.

Quoi qu'il en soit, parmi les méthodes de coloration les plus employées, on doit citer :

la méthode par la fuchsine acide et principalement les variantes d'ALTMANN et de KULL ;

la méthode par le Krystalviolet de BENDA ;

la méthode IV de REGAUD ;

la méthode de CHAMPY-KULL.

Méthode par la fuchsine acide. — Variante d'Altmann. —

On verse sur les coupes quelques gouttes de la solution suivante :

Eau anilinée saturée	100 cme.
Fuchsine acide	20 gr.

On chauffe de deux à cinq minutes la préparation jusqu'à production de vapeurs.

On différencie ensuite les chondriosomes dans une solution hydro-alcoolique d'acide picrique ainsi constituée :

Solution saturée d'acide picrique....	1 partie
Eau distillée.....	2 parties

Variante de Kull. — KULL a modifié le procédé de la façon suivante : après action du liquide colorant, comme précédemment, on rince les coupes à l'eau courante ; on les traite ensuite, pendant quelques secondes, par une solution aqueuse de toluidine à 0,5 % ; on lave sommairement et on plonge la coupe dans une solution alcoolique d'aurantia ainsi constituée :

Alcool à 95°	100 cme.
Aurantia	0 gr. 5

Avec ces deux procédés les chondriosomes sont colorés en rouge vif.

Ces deux méthodes sont préférables à celle de l'hématoxyline ferrique à cause de leur rapidité. Mais elles semblent lui être inférieures par la finesse des détails qui paraissent moins fouillés et, partant, moins précis

Méthode par le Kristalviolet de Benda. — Lorsque les coupes sont effectuées, elles sont mordancées pendant vingt-quatre heures dans une solution d'alun de fer à 4 ou 5 % puis lavées et placées durant vingt-quatre heures encore dans une solution de sulfalizarinate de soude qu'on obtient en versant goutte à goutte une liqueur de sulfalizarinate dans l'eau distillée jusqu'à ce que la solution définitive prenne une teinte jaune d'ambre. Chaque coupe est alors séchée avec du papier buvard, puis recouverte d'une goutte de la solution suivante :

Kristalviolet en solution dans alcool à 70°..	1 vol.	
HCl	1 vol.	} alcool chlorhydr. 1 vol.
Alcool à 90°..	70 vol.	
Eau	30 vol.	
Eau anilinée saturée	2 vol.	

On la chauffe ensuite pendant cinq minutes environ, jusqu'à production de vapeurs. On la sèche dans du papier buvard, puis on la met, pendant une minute, dans une solution aqueuse d'acide acétique à 30 %. On la lave à l'eau courante durant une dizaine de minutes pour enlever toute trace d'acide; on la déshydrate dans l'alcool absolu et on la monte dans le baume.

La méthode de BENDA, que MEVES et DUESBERG ont modifiée en 1908, d'accord du reste avec BENDA, est des plus inconsistante dans ses résultats. Elle est, en outre, excessivement longue à réaliser. Mais lorsqu'elle réussit bien elle donne des préparations admirables.

Méthode IV de Regaud. — Des quatre méthodes de REGAUD, nous ne retiendrons que la quatrième.

Au sortir du bain fixateur, « les pièces sont mordancées pendant trois ou quatre semaines dans une solution de bichromate de potasse à 3 ‰, à la température ordinaire, puis lavées à l'eau courante pendant un jour.

« Les coupes très fines (5 μ) sont mordancées pendant vingt-quatre heures à 35° dans une solution d'alun ferrique à 5 ‰, non acidulée, puis colorées dans l'hématoxyline et enfin différenciées dans l'alun ferrique à 5 ‰.

« Une variante souvent avantageuse de ce procédé consiste à opérer simultanément la fixation et le mordantage chromique dans la solution :

« Bichromate de potasse à 3 ‰		80 vol.
« Formol commercial		20 vol.

pendant quatre jours, en changeant tous les jours le mélange qui se trouble rapidement. Les pièces sont ensuite conservées pendant une semaine dans la solution de bichromate de potasse à 3 ‰. Les coupes (très minces) sont traitées ensuite comme dans le cas précédent. »

Méthode de Champy-Kull. — Cette technique est la suivante : fixation pendant vingt-quatre à quarante-huit heures dans le mélange de CHAMPY, lequel est ainsi constitué :

Acide chromique 1 ‰		7 parties
Bichromate de potasse 3 ‰		7 parties
Acide osmique 2 ‰		4 parties

Lavage à l'eau, puis traitement pendant vingt-quatre heures dans le mélange :

Acide pyroligneux		1 partie
Acide chromique 1 ‰		2 parties

Ensuite, traitement pendant trois jours dans une solution de bichromate de potasse à 3 ‰. Ceci fait, on colore par la méthode de KULL, c'est-à-dire par la fuchsine acide (selon ALTMANN), jusqu'à production de vapeurs. Lavage à l'eau ; coloration pendant quelques instants dans une solution à 5 ‰ de bleu de toluidine ou de thionine ; puis différenciation, dans

une solution alcoolique d'aurantia ; lavage à l'alcool et montage au baume. ●

Telles sont les quelques méthodes de coloration qu'il nous a paru intéressant de signaler ici.

Mais avant d'en terminer avec elles, nous devons encore ajouter quelques mots.

Il y a lieu de faire remarquer, en effet, que leur action serait des plus capricieuses, du moins dans le Règne végétal.

GUILLIERMOND a remarqué pour sa part, que la méthode de REGAUD, après un mordantage de durée variable, peut donner de bons résultats dans certains cas et de mauvais dans d'autres. Il a observé, en outre, que les résultats de coloration obtenus par une même méthode sur un organe de même nature sont fonction de l'état physiologique de celui-ci. Ainsi, tandis que la méthode de REGAUD donne de belles préparations lorsque les asques de *Pustularia vesiculosa* sont au premier stade de leur développement, au contraire, elle ne fournirait que des préparations médiocres lorsque ces mêmes asques sont aux périodes de mitose et de sporogénèse.

Il en serait de même des méthodes d'ALTMANN et de BENDA qui, toujours d'après GUILLIERMOND, donneraient elles aussi des résultats absolument irréguliers. Or, en l'espèce, ne serait-il pas plus logique de penser que cette irrégularité est due à des modifications chimiques de la masse du chondriome plutôt qu'à l'insuffisance capricieuse des colorations ?

D'ailleurs il est de notion courante qu'une fixation suffisante pour certaines cellules est notoirement insuffisante pour d'autres lorsqu'il s'agit d'obtenir de bonnes figures du chondriome.

La durée de la chromisation est aussi d'une importance capitale, primordiale : quatre jours dans certains cas, plusieurs semaines dans d'autres. Enfin, la température à laquelle agissent le fixateur d'une part et la solution de chromisation d'autre part, a une influence énorme sur le temps utile.

L'inconstance des méthodes tient peut-être aussi, non pas à leur insuffisance, mais à leur mauvais maniement. On peut chercher à colorer, pendant longtemps, des mitochondries par n'importe quelle méthode, si elles ne sont pas bien fixées on ne les voit jamais.

Et ceci nous amène à insister encore sur l'importance capitale de la chromisation. Car si le mélange chromo-réducteur n'agit pas comme il faut il est impossible d'obtenir une bonne fixation et une bonne coloration

D. — RÉSUMÉ.

Les faits saillants que nous venons d'exposer longuement dans le chapitre II et qui ont trait à la morphologie, à la constitution physico-chimique, à la fixation et à la coloration des chondriosomes, peuvent être résumés ici de la manière suivante :

1^o *Forme des Chondriosomes.* — D'une façon générale les chondriosomes se présentent surtout sous la forme de sphères et de bâtons cylindriques plus ou moins courts, plus ou moins flexueux. Les deux formes essentielles dans les deux Règnes sont donc la mitochondrie et le chondrioconte.

La forme chondriomite se rencontre parfois dans le Règne animal. Elle est au contraire fort rare dans le Règne végétal et lorsqu'elle y apparaît elle semble être le prélude d'une dégénérescence cellulaire.

2^o *Dimensions des chondriosomes.* — La dimension des chondriosomes est à peu près la même dans les deux Règnes. Pour les mitochondries elle ne dépasse guère 1 μ .; pour les chondriocontes elle peut atteindre 3- μ 5 et davantage.

3^o *Ramification des Chondriosomes.* — Les chondriosomes des deux Règnes peuvent parfois se ramifier; mais c'est l'exception.

4^o *Constitution physique des Chondriosomes.* — On ne sait encore rien de bien précis sur la constitution physique des

chondriosomes. Toutefois on peut penser que ces corpuscules sont constitués par une substance d'une extrême plasticité, d'une grande élasticité.

5° *Constitution chimique des Chondriosomes.* — Ici encore on ne sait rien de précis. Tout ce qu'on peut dire en effet sur leur constitution chimique c'est qu'ils sont des complexes colloïdaux de nature lipo-protéique.

6° *Fixation des Chondriosomes.* — D'une façon générale les chondriosomes peuvent être maintenus dans leur forme caractéristique et naturelle grâce à certains liquides fixateurs. Ces liquides sont les liquides chromo-osmiques qu'on doit signaler en première ligne, le formol à 4% et l'acide osmique au 1/100. Par contre les liquides contenant de l'alcool et surtout de l'acide acétique doivent être rejetés car ils agissent, d'une manière néfaste, sur les chondriosomes. Ils les déforment et provoquent même leur disparition.

Enfin l'acide osmique ayant une action défavorable sur la colorabilité des tissus il y a lieu de l'enlever des coupes avant de procéder à leur coloration. Pour cela il n'y a qu'à les oxyder avec une solution de permanganate de potasse.

7° *Coloration des chondriosomes.* — On peut effectuer la coloration « post-vitale » ou « après fixation » des chondriosomes.

La coloration post-vitale s'effectue toujours plus facilement dans le Règne animal que dans le Règne végétal. Cela tient sans doute à ce que, dans ce dernier, l'élément cellulaire est nanti d'une paroi rigide plus ou moins épaisse qui s'oppose pendant un certain temps à la pénétration du liquide colorant.

Les meilleurs colorants vitaux semblent être le vert Janus, le violet de dahlia.

La coloration après fixation peut être effectuée à l'aide de nombreuses méthodes parmi lesquelles nous devons citer : les méthodes à la fuchsine acide, au Krystalviolet; les méthodes de REGAUD et de CHAMPY-KULL.

Mais ces diverses méthodes seraient souvent inconstantes, du moins vis-à-vis de la cellule végétale, et les résultats

qu'elles donnent paraissent être en relation intime avec l'état physiologique dans lequel l'organe étudié se trouve au moment de sa fixation.

Il est vrai que leur inconstance dépend aussi de l'expérience de celui qui les applique : ce qui arrive, du reste, assez souvent.

CHAPITRE III

De la forme primitive des Chondriosomes et de leur multiplication.

On a vu, dans ce qui précède, que les chondriosomes peuvent présenter dans une même cellule des aspects divers. Il est donc intéressant maintenant de savoir si ces formes existent toujours, dans le protoplasma, sous l'aspect qu'on leur connaît à l'état adulte, ou bien si toutes dérivent d'un seul et même type.

Envisageons tout d'abord à ce point de vue le Règne animal.

A. — RÈGNE ANIMAL.

A ce propos, GESA ENTZ (1), WALLENGREN (2), PROWAZECK (3) et SCHRÖDER (4) ont, tour à tour, signalé chez les Infusoires des corpuscules ayant la forme de sphérules, de bâtonnets et de biscuits et tous ont été unanimes pour voir en eux les formes de division, d'éléments mitochondriaux.

(1) GESA ENTZ (*sen*). — Die elastischen und contratiles Element der Vorticellinen (*Nat. und. Math. Berichten aus Ungarn*, Bd. X).

(2) WALLENGREN. — Studien öfver Ciliata Infusorier. IV (*Lund's Universitet Arsskrift*, Bd. XXXVI).

(3) PROWAZECK. — Spermatologische studien, I, Spermatogénèse der Weinbergsschnecke (*Arbeit. Aus. den Zoolog. Institut der Universität Wien.*, Bd. VII).

(4) SCHRÖDER. — Beiträge zur Kenntnis von *Campanella umbellaria* (*Arch. f. Protistenk.*, Bd. VII).

— Beiträge zur Kenntnis von *Epistylis plicatis* (*Ibid.*, Bd. VII).

— Beiträge zur Kenntnis von *Vorticella monilata* (*Id.*).

FAURÉ-FREMIET (1) les a observés à son tour à l'état vivant et il a fait à ce propos une remarque des plus intéressantes. Dans un Protozoaire en effet presque tous les chondriosomes passent, au même moment, par le même stade. Autrement dit les mitochondries sont ou toutes sphériques, ou toutes en bâtonnets, ou toutes en biscuits. De plus la forme en biscuit, qui est la forme caractéristique de la division des mitochondries, n'est visible qu'au moment de la division de l'Infusoire. Toutefois cette division peut apparaître un peu avant, ou un peu après, ou pendant toute la segmentation de l'être. Du reste la rapidité de cette division mitochondriale est parfois très grande. FAURÉ-FREMIET l'a nettement aperçue chez le *Carchesium polypinum* où il a pu la suivre.

A 5 heures 25 tous les corpuscules étaient sphériques:

A 5 heures 45 ces mêmes mitochondries se présentaient sous la forme de biscuits.

A 6 heures, cette dernière forme disparaissait par suite de sa segmentation totale et les mitochondries primitives étaient alors remplacées par une infinité de mitochondries excessivement petites.

Mais ce sont surtout les travaux de G. DUBREUIL qui ont apporté, sur la multiplication des chondriosomes, les données les plus intéressantes.

G. DUBREUIL (2) a remarqué en effet, que les cellules connectives fixes du tissu conjonctif adulte ne possèdent pour ainsi dire plus aucun pouvoir sécrétoire et, dans ces conditions, leur chondriome est réduit à quelques mitochondries et à de très rares chondriocontes.

Mais si l'on vient à exciter, d'une manière quelconque, ces cellules leur pouvoir sécrétoire apparaît de nouveau et le chondriome devient plus abondant.

On peut alors suivre l'évolution de la multiplication mitochondriale.

(1) FAURÉ-FREMIET. — *Loc. cit.*, p. 14 du présent mémoire.

(2) G. DUBREUIL — *Loc. cit.*, p. 34 du présent mémoire.

Voici du reste comment s'exprime G. DUBREUIL à ce propos :
« Quelques temps après une injection de culture homogène de bacilles tuberculeux dans la cavité péritonéale du lapin, les cellules connectives préparées en vue de la coloration des mitochondries se montrent sous différents aspects : les unes ont de longs chondriocontes flexueux et des mitochondries ; mais la plupart ont surtout des mitochondries granuleuses. Dans les unes et les autres il est incontestable que les éléments du chondriome se sont considérablement multipliés. Alors que ces cellules possèdent, dans les stades jeunes, c'est-à-dire actifs, surtout des chondriocontes, nous les voyons au moment où elles récupèrent leur activité avec un grand nombre de mitochondries et quelques chondriocontes. Nest-il pas rationnel de penser que le nombre des mitochondries s'est accru et que celles-ci se développent ensuite pour former des chondriocontes ?

« On pourra objecter que les mitochondries résultent de la fragmentation de chondriocontes et que peut-être les éléments du chondriome s'accroissent d'abord en volume par transformation des mitochondries initiales en chondriocontes, s'accroissent en nombre par fragmentation des chondriocontes en chondriomites, puis résolution en mitochondries.

« Outre que cette transformation n'est pas universellement admise pour toutes les cellules, on pourrait répondre qu'il est beaucoup plus fréquent de voir des mitochondries se transformer en chondriocontes que de rencontrer des figures de chondriocontes en voie de fragmentation pour donner des mitochondries. Je n'ai vu pour exemple que celui de l'ovule et des blastomères. . . »

G. DUBREUIL relate encore qu'en examinant la cellule connective jeune d'un lapin, laquelle doit se transformer dans la suite en cellule adipeuse, on y constate, tout aussi bien dans son corps que dans ses prolongements, la présence de mitochondries et de chondriocontes. Si maintenant on suit les premiers stades de l'évolution adipeuse de cette cellule connective jeune on voit apparaître, à un moment donné, tout près du

noyau, d'abord une, puis deux vacuolès de graisse. De plus la cellule se libère progressivement de ses attaches avec ses voisines de même nature et tend à prendre la forme sphérique. Mais pendant que s'opèrent toutes ces transformations le cytoplasma s'enrichit considérablement en mitochondries. Les chondriocotes au contraire sont à l'état sporadique. Et cet enrichissement est tel, à un moment donné, que l'élément en est littéralement bourré. Au point que si on désigne par 1 le volume initial du chondriome on peut dire qu'à ce moment il est devenu égal à 100 ou à 200. Du reste pendant ce temps la cellule a suivi cet accroissement. Son volume, en effet, est passé de 1 à 4.

Donc le chondriome s'est puissamment accru et il s'est accru en multipliant ses mitochondries. Par conséquent « la forme de multiplication des éléments du chondriome est la mitochondrie ». Si maintenant on suit l'évolution de la cellule encore plus avant « on voit apparaître, dans sa masse, des chondriocotes courts et rares d'abord, puis très longs et très nombreux ensuite; enfin il ne reste plus que des chondriocotes et de rares mitochondries et les uns et les autres se transforment en vésicules lipoides, puis en vésicules de graisse qui confluent pour former le globe graisseux qui remplit presque toute la vésicule définitive ».

En étudiant les cellules connectives du chat et de la souris on constate encore ici une multiplication intense des mitochondries. Le chondriome n'y augmenté, du reste, d'importance que grâce à la multiplication des mitochondries préexistantes. Mais à l'encontre de ce qui se produit chez le lapin les mitochondries ne se transforment pas, dans la suite, en chondriocotes. Et lorsque cette transformation est, d'avenanture, ébauchée les chondriocotes qui en résultent restent très, très courts. L'étude d'ovules excessivement jeunes (1)

(1) VAN DER STRICHT. — La structure de l'œuf des Mammifères (*Mém. Acad. Roy. Belgique*, 1909).

LOYEZ (M^{lle}). — Les premiers stades de la vitellogénèse chez quelques Tuniciers (*C. R. Assoc. Anat.*, 11^e Réunion, Nancy).

fournit encore un exemple frappant de la multiplication du chondriome par voie mitochondriale exclusive. On sait en effet que les mitochondries sont très rares dans les premiers stades du développement des ovules, dans les jeunes follicules de de GRAAFF. De plus il n'y existe pas de chondriocotes.

Or, dès le début même de la vitellogénèse, les mitochondries y deviennent nombreuses et leur nombre ne va qu'en augmentant durant celle-ci. Par conséquent l'importance que prend le chondriome est due à la multiplication des mitochondries. C'est encore ce qu'on peut constater « dans les blastomères, pendant les premiers stades du développement, au moment où le matériel mitochondrial doit se multiplier pour se partager entre toutes les cellules du germe ». Ici encore on ne trouve que des mitochondries en voie de division rapide et pas de chondriocotes.

Des quelques exemples que nous venons de rapporter il ressort très clairement que, dans le Règne animal, la multiplication des éléments du chondriome se fait sous forme de mitochondries lesquelles dérivent, par division, de mitochondries préexistantes. Ces mitochondries peuvent rester dans cet état. Mais elles peuvent aussi se transformer en chondriocotes. A cet effet elles s'allongent, dans la suite, et engendrent ainsi des bâtonnets qui peuvent devenir plus ou moins longs et flexueux.

B. — RÈGNE VÉGÉTAL.

Envisageons maintenant à ce même point de vue le Règne végétal.

Ce que nous venons de dire pour le Règne animal peut être étendu aussi au Règne végétal. Les recherches de GUILLIERMOND (1) qui ont été certainement suggérées par celles de G. DUBREUIL, montrent en effet qu'en examinant une cellule très jeune, c'est-à-dire une cellule où ne sont encore apparus

(1) GUILLIERMOND. — *Loc. cit.*, p. 19 du présent mémoire.

que des rudiments de vacuoles, on y reconnaît un protoplasma très dense et un noyau pas très nettement visible dans beaucoup de cas à cause même de la grande densité de la masse protoplasmique.

A ce moment le chondriome est aussi très difficile à apercevoir. Toutefois on peut se rendre compte, malgré tout, que seules les mitochondries existent au sein même de la matière vivante.

Si l'on examine une cellule à un stade un peu plus avancé (fig. 9), on constate l'existence de mitochondries (fig. 9, A et B), en forme de biscuit, tandis que d'autres ont déjà pris l'aspect d'un très court bâtonnet (fig. 9, C).

Enfin à un stade plus avancé encore, les courts bâtonnets existent bien toujours, ainsi que les mitochondries; mais certains de ces bâtonnets

se sont très fortement allongés et sont devenus des chondriocontes (fig. 9, D) dont quelques-uns même, se sont ramifiés.

En somme, dans le Règne végétal comme dans le Règne animal, les chondriocontes ne sont que des mitochondries continuant à s'accroître beaucoup plus dans une des trois directions de l'espace que dans les deux autres. Seulement, sous l'influence de causes qui nous échappent encore, cet accroissement peut être frappé d'arrêt plus ou moins tôt :



FIG. 9.

A. Empruntée à FAURÉ-FREMIET. *Spirostomum ambiguum*. — B. Empruntée à GUILLIERMOND. Cellule épidermique de *Tulipa suaveolens*.

d'où l'existence de bâtonnets de longueur inégale au sein même du cytoplasma.

Cette conclusion est d'importance car elle montre, contrairement à l'opinion de certains auteurs, que les chondriocotes ne sont en aucun cas le résultat de la fusion d'un plus ou moins grand nombre de mitochondries ou de très courts bâtonnets.

ALVARADO (1) avait admis en effet que cette variété d'éléments du chondriome qu'on rencontre un peu partout, résulte de la soudure de mitochondries ou de courts bâtonnets se réunissant en chaîne. On sait maintenant le cas qu'il faut faire d'une telle assertion et on sait aussi que le chondriocote est « une forme de croissance de la mitochondrie granuleuse ».

Les chondriocotes se multiplient-ils ? — Mais, une fois formé, le chondriocote jouit-il du pouvoir de se multiplier ?

S'il en était ainsi cette multiplication ne pourrait avoir lieu que par division longitudinale ou transversale.

Or à ce propos (fig. 10), certains auteurs parmi lesquels on doit citer LEWITSKY (2), LUNA (3), VOÏNOW (4), etc., auraient observé le partage longitudinal des chondriocotes.

Les figures ci-jointes empruntées

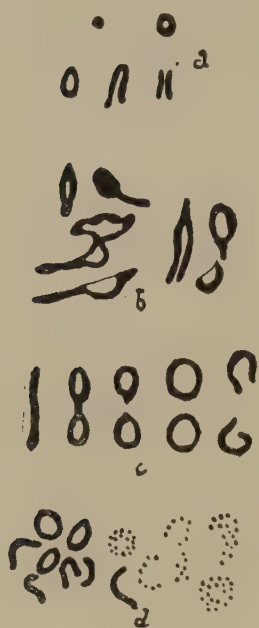


FIG. 10.

a. Stades successifs, d'après LUNA, représentant la division longitudinale d'une mitochondrie appartenant à une cellule de larve de Batracien. — b. Stades successifs représentant d'après LEWITSKY, la division longitudinale d'un chondriocote d'une cellule d'Asparagus. — c. Figures observées par GUILLIERMOND sur le vivant et résultant de l'action d'un liquide hypotonique sur des chondriocotes. — d. Figures observées par GUILLIERMOND, seulement la matière chondriomique se résout en une infinité de petits granules.

(1) ALVARADO. — *Loc. cit.*, p. 34 du présent mémoire.

(2) LEWITSKY. — *Loc. cit.*, p. 19 du présent mémoire.

(3) LUNA. — *Ricerche sulla biologia dei condriosomi (Arch. f. Zell. forschung*

(4) VOÏNOW. — Sur l'existence d'une chondriodièrese (*Soc. Biol.*, 1916).

à LUNA et à LEWITSKY (fig. 10, *a* et *b*), sont données par eux pour justifier de la réalité de leurs observations. Mais malgré toutes les recherches auxquelles s'est livré GUILLIERMOND, celui-ci n'a pu, en aucun cas, constater la division des chondriocotes.

Du reste en faisant agir sur l'épiderme vivant d'un pétale de Tulipe une solution hypotonique GUILLIERMOND a obtenu les figures *c* (fig. 10). Celles-ci, comme on le voit, se rapprochent beaucoup des précédentes. Aussi attribue-t-il la pseudo-multiplication des chondriocotes, observée par LUNA et LEWITSKY, à l'action des fixateurs employés.

On verra plus loin, en effet, que les chondriocotes, sous l'influence des liquides hypotoniques, se gonflent et se transforment en vésicules à contenu aqueux (fig. 10, *d*). Or il arrive que ces vésicules éclatent par suite de la pression interne du liquide et donnent des figures ressemblant aux tronçons chromatiques qui se produisent au moment de la karyokynèse. Ce sont ces figures qui ont été attribuées à tort, d'après GUILLIERMOND, à une division longitudinale des chondriocotes.

Dans le Règne animal, DUESBERG (1) a bien parlé de la multiplication des myofibrilles, lesquelles dériveraient de chondriocotes. Mais cette division s'applique aux myofibrilles proprement dites et non pas aux chondriocotes qui sont sensés les engendrer.

Cependant MANGENOT (2) a signalé, après la fécondation, des modifications que subissent les chromatophores des cellules médullaires des *Lemanea* (Algues rouges) et qui semblent apporter la preuve d'une division longitudinale.

Ces chromatophores s'amincissent beaucoup sur presque tout leur trajet et se transforment en filaments excessivement ténus possédant vers leurs extrémités une sorte de tête arrondie en ovale. Or, pour expliquer un amincissement aussi considérable MANGENOT n'en voit la possibilité qu'en admettant

(1) DUESBERG. — *Loc. cit.*, p. 33 du présent mémoire.

(2) MANGENOT. — *Loc. cit.*, p. 19 du présent mémoire.

une fragmentation longitudinale du chromatophore primitif en chromatophores plus minces. Et cette explication permettrait, toujours pour le même auteur, d'expliquer et de comprendre certains aspects où l'on voit trois ou quatre filaments flexueux, très étroitement rapprochés, cheminer sur des distances parfois assez longues, sans diverger de leur trajet commun. Toutefois MANGENOT ajoute qu'il y a lieu d'être excessivement réservé sur ce mode de multiplication, aucun cas semblable n'ayant encore été signalé et celui-là même n'étant pas nettement démontré. Par conséquent on peut admettre que les chondriocotes sont incapables de se multiplier par division longitudinale.

Voyons maintenant s'ils peuvent le faire par division transversale, autrement dit par scissiparité.

Il semble que les cas d'observation de ce genre soient plutôt rares dans le Règne animal. Cependant, d'après FAURÉ-FREMIET (1), chez l'*Urostyla grandis*, les chondriocotes s'allongeraient énormément et se couperaient ensuite transversalement grâce à une brusque incision.

De même, toujours d'après cet auteur, le chondriome des spermatocytes des Hémiptères ne renfermerait que des chondriocotes. Or ces derniers subiraient une division transversale pendant les mitoses de maturation.

REGAUD et MAWAS (2) ont vu eux aussi, dans les cellules des canaux salivaires des Mammifères, des chondriocotes se découper en segments. REGAUD (3) a fait en outre la même remarque dans les cellules des tubes contournés du rein.

Dans le Règne végétal il apparaît que des cas d'observation

(1) FAURÉ-FREMIET. — *Loc. cit.*, p. 14 du présent mémoire.

(2) REGAUD et MAWAS. — Sur les mitochondries des glandes salivaires chez les Mammifères (*C. R. Soc. Biol.*, t. LXVI).

— Ergasoplasme et mitochondries, etc., etc. (*Ibid.*).

— Sur la structure du protoplasma, etc., etc. (*C. R. Assoc. d'Anat.*, 11^{me} réunion, Nancy).

(3) REGAUD. — Sur les mitochondries des cellules ciliées du tube urinaire (*C. R. Soc. Biol.*, t. LXX).

— (en collaboration avec POLICARD). — Recherches sur la structure du rein de quelques Ophidiens (*Arch. d'Anat. microsc.*, t. VI).

de ce genre sont encore bien plus rares et l'on peut même dire que, jusqu'à ce jour, on n'en a point rencontré : la fragmentation que subissent ici les chondriocotes après apparition en eux de produits divers ne pouvant évidemment pas être considérée comme un acte de multiplication.

En somme de ce qui précède il résulte que la mitochondrie apparaît, dans les deux Règnes vivants, comme la seule forme du chondriome susceptible d'assurer à celui-ci un développement plus ou moins intense. Seule, en effet, elle semble se multiplier par division. De plus les mitochondries filles, ainsi créées, peuvent avoir des destinées différentes. Ou bien elles restent à l'état de mitochondries, ou bien un plus ou moins grand nombre d'entre elles se transforment en chondriocotes.

Les mitochondries d'une même cellule sont-elles toutes capables de se multiplier ? FAURÉ-FREMIET cite, à ce propos, un exemple intéressant. Les mitochondries qui se trouvent, en effet, dans le cordon plasmatique du pédicule des Vorticellides ne sembleraient pas se diviser. Par contre celles de la paroi du réservoir de la vacuole excrétrice présentent très souvent au contraire une forme en biseau, soit avant, soit après la division de l'Infusoire. Il résulterait donc de cette observation que toutes les mitochondries d'un même élément cellulaire ne subiraient pas la division. Certaines d'entre elles resteraient dans un parfait état de repos. . . .

Enfin, avant d'en finir avec la multiplication mitochondriale, il y a lieu de se demander encore si la division des mitochondries est le seul mode grâce auquel le chondriome augmente d'importance et grâce auquel aussi la substance mitochondriale se perpétue au sein même des cellules.

Or, à ce propos, REGAUD a émis une hypothèse qui n'est certes point sans importance. Pourquoi ne pas supposer en effet, pense-t-il, qu'une granulation protoplasmique jusqu'alors banale, quelconque, puisse se charger de substance mitochondriale et devenir ainsi spécifiquement colorable comme une mitochondrie préexistante ? Mais comme l'auteur

le fait remarquer lui-même, ce mode de multiplication est bien difficile à prouver et à mettre surtout en évidence.

C. — RÉSUMÉ.

Les faits que nous venons d'exposer nous permettent de dire que la forme primitive du chondriosome est certainement la mitochondrie et que le chondrioconte ne doit être qu'une mitochondrie s'accroissant plus spécialement dans une direction donnée. Seulement cet accroissement est susceptible d'être frappé d'arrêt, plus ou moins tôt, par suite d'influences qui nous échappent : d'où l'existence, au sein même du protoplasma d'une cellule considérée, de chondriocontes plus ou moins longs, plus ou moins flexueux.

Les chondriocontes ne résultent donc pas, comme certains l'ont avancé, de la fusion de mitochondries ou de tout petits bâtonnets.

Les mêmes faits nous autorisent encore à dire que seule la mitochondrie est susceptible de se diviser. Cette division se fait par étranglement et assure la multiplication de la forme primitive élémentaire du chondriome.

Mais toutes les mitochondries d'un chondriome donné ne concourent pas à cette multiplication.

Il en est, en effet, qui restent absolument passives pendant que d'autres se segmentent.

Quant aux chondriocontes, il semble devoir être admis qu'ils ne prennent aucune part à l'accroissement d'importance du chondriome.

La mitochondrie apparaît donc, dans les deux Règnes, comme la seule forme chondriomique susceptible d'assurer et d'augmenter cette importance.

CHAPITRE IV

Propriétés physiques et chimiques des chondriosomes.

Nous avons vu, dans le chapitre précédent, comment un chondriome s'assure toujours la même importance et nous avons établi que la mitochondrie est l'unique forme qui préside à son maintien, voire même à son accroissement.

Or ce corpuscule, dont le rôle est si considérable au sein de l'élément cellulaire, doit aussi posséder des propriétés physiques et chimiques des plus intéressantes. Sa sensibilité aux influences extérieures est certainement des plus grandes et sa forme aberrante, c'est-à-dire le chondrioconte, doit partager encore cette sensibilité.

Les quelques pages qui suivent vont nous montrer, en effet, que ces prévisions n'ont rien d'exagéré.

A. — PROPRIÉTÉS PHYSIQUES.

A) *Réfringence.*

Les éléments du chondriome possèdent une certaine réfringence qui permet parfois de les décélér au sein du protoplasma vivant. C'est ainsi que dans les cellules sexuelles, chez les Protozoaires, cette réfringence est très nette et se trouve accompagnée d'une coloration grisâtre qui tranche sur le fond homogène du protoplasma. Dans le Règne végétal, cette réfringence est encore visible parce que légèrement supérieure

à celle du cytoplasma. Toutefois elle est, dans presque tous les cas, d'une intensité modérée et variable suivant les cellules. Aussi, selon que l'indice de réfraction est plus ou moins élevé, les chondriosomes apparaissent-ils plus ou moins nettement *in vivo*. Quelquefois même cet indice est tellement faible que leur réfringence se confond avec celle du protoplasma. Les chondriosomes ne sont plus alors visibles. Mais lorsque cette réfringence existe, elle est toujours nettement inférieure à celle des corpuscules graisseux qui sont disséminés au sein même de la matière vivante.

B) *Mouvement.*

ROMIEU (1) s'est demandé si les chondriosomes possédaient dans la cellule une place immuable, en des points déterminés du protoplasma, ou bien si on devait les considérer comme des formations mobiles, subissant des déplacements importants.

Après avoir constaté que les chondriosomes ne se trouvent jamais à l'intérieur des vacuoles mais, au contraire, uniquement dans les travées protoplasmiques, ROMIEU a observé encore que les mouvements les plus simples de ces corpuscules sont des mouvements de répulsion, d'écartement, que subissent les deux chondriosomes fils immédiatement après la division du chondriosome initial.

A côté de ces mouvements existeraient des mouvements d'attraction, de coaptation, qui rapprocheraient les chondriosomes et les feraient se réunir en groupements catenaires.

Ces petits organites présenteraient aussi des mouvements browniens bien visibles sur le vivant.

Enfin ils subiraient encore des mouvements d'ensemble, des changements topographiques, en rapport avec le stade physiologique de la cellule.

L'origine de tous ces mouvements des chondriosomes, dans

(1) ROMIEU. — Sur les mouvements intra-cytoplasmiques des mitochondries (*Soc. de Biol.*, 1911).

le protoplasma, est certainement due à des actions moléculaires. Peut-être y a-t-il là quelque chose de comparable aux phénomènes de chimiotactisme ? On sait en effet que des mouvements réels peuvent être effectués par des plantes inférieures, telles que les Bactériacées, sous l'influence de causes extérieures qui déterminent la direction du mouvement. Parmi ces causes extérieures les produits chimiques jouent un rôle prépondérant auquel on donne du reste le nom de chimiotactisme. C'est ainsi, par exemple, qu'une quantité extrêmement petite d'acide malique combiné, a une action attractive énorme sur les anthérozoïdes de Fougères. C'est encore ainsi que les anthérozoïdes d'Isoètes ne sont pas attirés par l'acide malique en combinaison, tandis que celui-ci attire les anthérozoïdes de Fougères et de Salviniées. Au contraire l'acide fumarique n'a pas d'action sur ces derniers alors qu'il attire les premiers.

GUILLIERMOND a observé encore de son côté l'entraînement des chondriosomes par les courants protoplasmiques. Toutefois il a remarqué que ceux-ci devaient avoir une certaine intensité pour les entraîner. En se déplaçant les chondriosomes prenaient les formes les plus diverses, passant du bâtonnet rectiligne à un V ou à un L, voire même à un S et contournaient lentement, en se déformant et en serpentant, les obstacles qu'ils pouvaient rencontrer sur leur chemin. Du fait de ces déformations momentanées, de cette flexibilité extrême, les chondriosomes apparaissent donc comme essentiellement formés d'une substance plastique.

Enfin ce n'est pas seulement le chondriosome qui est susceptible de présenter des mouvements. La masse du chondriome elle-même peut en effet, dans certains cas particuliers, être mobile. C'est ce qui se produit, par exemple, pour le chromatophore des Algues.

On sait combien celui-ci est variable de forme. C'est ainsi que dans la *Spirogyrè* il est rubané ; dans la *Zygnemée* il est en forme de lame ; dans *OEdogonium* il se présente sous l'aspect d'un fin réticulum, etc., etc.

Mais malgré cette variation très grande, son origine est la même ainsi que son développement.

Les études qui ont été faites par SCHIMPER d'abord (car SCHIMPER avait vu depuis longtemps chez les *Floridées* la transformation de plastes en chromatophores), puis par GUILLIERMOND et MANGENOT ensuite, l'ont nettement montré et, pour user du vocable à la mode, on doit dire que le chromatophore est une masse chondriomique très développée. Or, C. SAUVAGEAU (1), en examinant les plantules monostromatiques de Laminaires a vu leurs chromatophores se déplacer et se déformer par contractilité propre.

« Des lames longues d'environ un demi-centimètre, examinées vers leur milieu, sont les plus favorables à l'observation, car vers le sommet, les cellules sont plus grandes et plus âgées et vers le bas elles sont trop petites. Des plantules fraîchement cueillies et placées à l'ombre dans un verre de montre ont une teinte foncée, chaque cellule renferme sur chaque face péricline quatre à huit chromatophores étalés laissant entre eux un étroit espace incolore, ou même qui se moulent les uns contre les autres sans vides, tandis que les faces anticlines n'en abritent aucun. Si l'on place le verre de montre dans un endroit bien éclairé par la lumière diffuse, les chromatophores se déforment, diminuent de surface, se présentent en disques ou en courts rubans parfois rétrécis en leur milieu, puis ils rampent contre la paroi, se dirigent vers les faces anticlines, se courbent le long de celles-ci et bientôt ne présentent plus que leur tranche à l'observateur, tandis que les faces périclines devenues incolores laissent voir le noyau. »

c) *Influence de la température.*

1^o *Élévation de la température.* — POLICARD (2) a signalé, en 1912, la grande sensibilité des chondriosomes aux éléva-

(1) SAUVAGEAU. — Sur le mouvement propre des chromatophores (*C. R. Acad. Sc.*, 1917).

(2) POLICARD. — Sensibilité des mitochondries à la chaleur (*Soc. Biol.*, 1912).

tions de température. Il a observé en effet qu'entre 47° et 50° centigrades les chondriosomes des cellules rénales et hépatiques de la Grenouille disparaissaient comme s'ils se fusionnaient.

R. et H. LEWIS (1) ont constaté, après lui, le même fait. Ils ont vu les chondriosomes de la cellule animale se transformer par gonflement en vésicules (fig. 11, *a, b, c, d*).

N.-H. COWDRY (2) a confirmé ces observations pour ceux du pancréas et des cellules végétales (racine de pois), lesquels disparaissent à une température de 48° à 50°. GUILLIERMOND lui-même a constaté la même action sur les chondriosomes des cellules épidermiques de *Tulipa suaveolens* (fig. 11, *f*).

Enfin, reprenant le même sujet d'études, POLICARD et MANGENOT (3) ont pu observer, sur des chondriosomes vivants, les modifications qu'ils subissent sous l'influence de l'élévation de la température. Ils expérimentèrent, à ce propos, sur des filaments d'une algue et sur les cellules épidermiques de jeunes feuilles d'Iris et de pétales de Tulipe.

Les résultats auxquels ils arrivèrent peuvent être ainsi résumés :

1° Entre 48° et 50°, les chondriosomes subissent une altération brusque tandis qu'aucun des autres éléments apparents de la cellule ne présente une telle transformation.

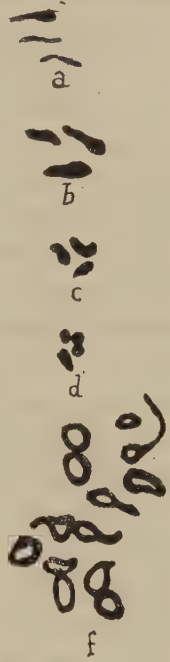


FIG. 11.

a, b, c, d. Empruntées à R. et H. LEWIS. Chondriocontes de la cellule d'un embryon de poulet. *a*) Chondriocontes normaux; *b*) après l'action d'une température de 45°; *c, d.* Après celle de 46°. — *f.* Empruntée à GUILLIERMOND. Chondriocontes de cellule de *Tulipa suaveolens* après séjour prolongé dans une température de 45°.

(1) R. et H. LEWIS. — *Loc. cit.*, p. 17 du présent mémoire.

(2) N.-H. COWDRY. — *Loc. cit.*, p. 32 du présent mémoire.

(3) POLICARD et MANGENOT. — Action de la température sur le chondriome (*C. R. Acad. Sc.*, 27 février 1922).

2° L'altération ainsi produite se traduit par une vacuolisation qui va en augmentant avec la température et entraîne finalement l'éclatement et la disparition des chondriosomes.

3° Mais la température de vacuolisation n'est pas la même pour tous les chondriosomes des plantes et, pour une même plante, dans une cellule donnée.

C'est ainsi que, dans les expériences précédentes, les chondriosomes de l'Algue ont beaucoup moins résisté à l'action de la température que ceux des cellules de Tulipe et surtout des cellules d'Iris.

C'est encore ainsi que dans une même cellule certains chondriosomes se sont montrés plus résistants que d'autres.

Dans des éléments maintenus pendant cinq minutes environ à 50°, POLICARD et MANGENOT ont en effet constaté que les chondriosomes filamenteux avaient disparu tandis que les chondriosomes granuleux persistaient encore. Ce dernier type de chondriosome est donc plus résistant que l'autre. Toutefois cette résistance n'est pas des plus opiniâtres puisqu'à 52° ce dernier type disparaît à son tour.

Dessication. — La dessication provoque aussi, du moins dans le Règne végétal, une altération de même nature chez les chondriosomes. Si l'on n'a pas en effet le soin de mettre immédiatement dans une solution isotonique la préparation vivante que l'on veut observer, elle se dessèche très vite et l'on peut alors constater que les chondriosomes sont transformés en grosses vésicules.

Fanaison. — La fanaison, qui est une sorte de dessication, produit aussi les mêmes phénomènes.

2° *Abaissement de la température.* — Des observations qu'il a faites, A. WEBER conclut que les modifications du chondriome, sous l'influence du froid, sont excessivement rapides et que les transformations de cet appareil observées dans les cellules nerveuses par exemple, sont bien dues à l'influence de la diminution de température et non à un défaut de fixation. En ce qui concerne les cellules intestinales les expériences de WEBER ont porté sur celles de deux Tritons, l'un

éveillé, l'autre endormi par le froid. Dans la cellule du premier animal le chondriome y était formé de fines granulations, parfois en chaînette, situées un peu au-dessous du plateau strié ou dans la profondeur de la cellule, sous le noyau. Chez le second animal le chondriome était constitué de granulations extrêmement abondantes et de quelques filaments.

Il semble donc que l'abaissement de température ait eu pour effet de multiplier les mitochondries.

GUILLIERMOND, de son côté, a également observé la transformation des éléments du chondriome en vésicule sous l'action du gel. Des plants fleuris de Tulipe ont été maintenus, par ses soins, à une température variant de -15° à -20° pendant toute une nuit d'hiver. Le lendemain les cellules épidermiques montraient des chondriosomes fortement vésiculeux.

d) *Autres influences physico-chimiques.*

D'autres influences peuvent encore exercer leur action sur les chondriosomes.

1^o *Compression.* — Ainsi on a observé dans le Règne animal comme dans le Règne végétal, qu'une légère compression, exercée à la surface d'une cellule vivante, suffit pour provoquer la déformation des chondriosomes. Elle détermine chez eux un gonflement d'autant plus prononcé que la pression est plus grande.

2^o *Choc.* — En choquant la lame sur laquelle se trouve une préparation de chondriosomes on peut provoquer instantanément la transformation immédiate des chondriocontes en vésicules.

3^o *Anesthésiques.* — Les anesthésiques, tels que l'éther et le chloroforme, peuvent amener la transformation des chondriosomes en vésicules et celle-ci est d'autant plus rapide que l'action est prolongée et, partant, que le protoplasma se rapproche de la mort.

4^o *Corps chimiques divers.* — La benzine, le xylol, entraî-

nent la disparition des chondriosomes. Ils les transforment d'abord en vésicules ; puis celles-ci perdent peu à peu leur netteté.

Une solution de potasse à 5 % provoque aussi le même phénomène.

Quant à l'acide acétique nous avons déjà parlé de son action nocive. Rappelons cependant ici que si l'on plonge des chondriosomes dans une solution d'acide acétique, à 2 %, on constate que les chondriocentes se transforment immédiatement en grosses vésicules. Si l'on fait agir au contraire une solution à 5 % les vésicules se forment encore plus rapidement et perdent très vite la netteté de leur contour.

Par contre la solution d'acide osmique à 1 %, ou même encore les vapeurs de cette solution seulement, conservent aux chondriosomes leur forme caractéristique.

E) *Influence des liquides hipo, iso et hypertoniques.*

Les influences que nous venons d'étudier, dans ce qui précède, tout en étant très importantes, le sont cependant beaucoup moins que celles dont nous allons nous occuper maintenant. Nous voulons parler en effet de l'influence de la concentration des liquides extérieurs sur les chondriosomes.

On sait qu'une cellule vivante est susceptible de présenter des déformations, des modifications plus ou moins profondes de son protoplasma, selon qu'on l'examine dans les liquides dont la concentration est inférieure, égale ou supérieure à celle de son suc cellulaire.

Or les chondriosomes qui se trouvent dans la matière vivante, sont-ils du même coup, influencés par ces variations de concentration ? Telle est la question à laquelle nous allons essayer de répondre. Comme on le voit elle est d'importance si l'on songe aux études qui ont été faites ou qu'on peut faire encore sur le chondriome, à l'état vivant.

Nous allons donc étudier successivement, dans ce qui va suivre, l'action d'un milieu hipo, iso et hypertonique.

1^o *Milieu hypotonique.* — L'action d'un tel milieu a été très souvent étudiée sur le protoplasma et aussi sur les plastes de Schimper. Toutefois GUILLIERMOND a repris les idées émises à ce propos et les a appliquées aux chondriosomes. Il a obtenu de ce fait de bons résultats et a pu contrôler ainsi, dans la cellule végétale, l'existence de phénomènes connus de bon nombre de Cytologistes qui les avaient observés dans la cellule animale.

Comme liquide hypotonique GUILLIERMOND a choisi, pour ses recherches, l'eau ordinaire. A ce propos il a remarqué, tout d'abord, ce qu'on savait déjà, c'est-à-dire que les altérations subies par le protoplasma et les chondriosomes sont, d'une façon générale, d'autant plus rapides que la membrane rigide de la cellule est plus mince. Pour ce qui est de l'action du milieu sur le protoplasma, il a observé que son altération se révèle par une augmentation de vitesse des courants cytoplasmiques, un gonflement de l'hydroleucite et, dans certains cas, par l'apparition de toutes petites vacuoles au sein même de la masse vivante : toutes choses connues, du reste, depuis longtemps.

Enfin pour ce qui est du chondriome GUILLIERMOND a pu remarquer que son altération est, dans tous les cas, beaucoup plus accentuée que celle du protoplasma.

Le gonflement des chondriosomes, en effet, se produit rapidement et ceux-ci se transforment alors en grosses vésicules. Cependant il y a lieu d'établir une distinction entre les mitochondries et les chondriocontes à propos de cette transformation.

Une mitochondrie se transforme directement et intégralement en vésicule. Il en est de même d'un très court chondrioconte. Mais il n'en est plus ainsi lorsqu'il s'agit d'un chondrioconte long et plus ou moins flexueux. Dans ce cas on voit apparaître dans le corps même du chondrioconte, toute une série de minuscules vésicules (fig. 12, *a, v*) réunies à un moment donné les unes aux autres par les portions non gonflées et étirées du chondrioconte. Ces portions s'allongent

du reste, de plus en plus, au fur et à mesure que les vésicules grossissent et, finalement, se rompent. De sorte que, à partir de ce moment, les vésicules sont libérées et se présentent à l'œil de l'observateur comme munies d'un ou

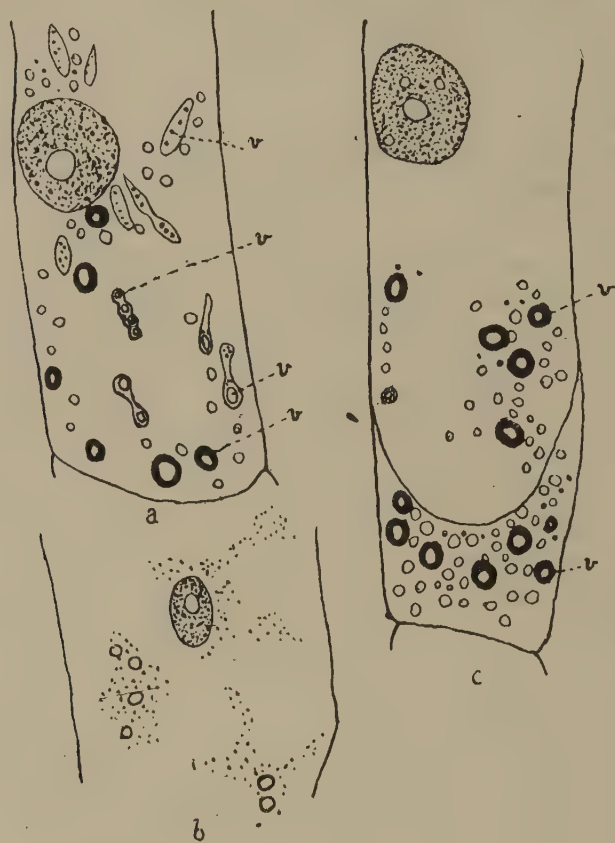


FIG. 12.

Empruntée à GUILLIERMOND.

Altération des cellules épidermiques des bractées d'*Iris germanica*, sous l'influence des milieux hypotoniques.

de deux prolongements effilés qui sont, dans ce dernier cas, diamétralement opposés. Toutefois l'existence de ces filaments n'est qu'éphémère car les vésicules continuant à grossir emploient à leur développement la substance de ces fila-

ments (fig. 12, c). Quoi qu'il en soit, d'une façon générale, les vésicules ainsi formées par gonflement de chondriosomes, présentent une paroi dense, pouvant varier d'épaisseur suivant les points considérés. Cette paroi entoure un liquide contenant en suspension un ou plusieurs granules animés de mouvements browniens, lesquels peuvent dans certains cas réduire l'acide osmique. Si l'on continue à faire agir le milieu hypotonique sur la cellule vivante celle-ci finit par mourir et l'approche de sa mort coïncide avec un gonflement de plus en plus prononcé des chondriosomes.

Dans ces conditions, lorsque le chondriome est très développé, les vésicules qui résultent de ce gonflement extraordinaire viennent au contact les unes des autres et donnent alors au cytoplasma une structure alvéolaire semblable à celle que BÜTSCHLI (1) a décrite.



FIG. 14.

Empruntée à R. et H. LEWIS.

1, 2, 3. Stades successifs de la transformation des chondriocones en milieu hypotonique.

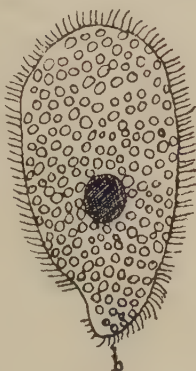


FIG. 13.

Empruntée à FAURÉ-FREMIET.

Mitochondries de *Glaucoma piriformis* transformées en vésicules sous l'influence d'un milieu hypotonique.

Toutefois ces vésicules, continuant à grossir, finissent par éclater et, à partir du moment où la cellule est morte, leur paroi se résorbe en une infinité de granulations réfringentes (fig. 12, b).

Ce que GUILLIERMOND a vu et décrit dans la cellule végétale, FAURÉ-FREMIET (2) (fig. 13), R. et H. LEWIS (3)

(1) BÜTSCHLI. — Weithere Mittheilungen über die Structur des Protoplasmas (*Verhandl. d. naturhist. med. vereinz. zu Heidelberg*, 1889).

— Ueber die Structur des Protoplasmas (*Ibid.*, 1889-90).

— Ueber die Structur des Protoplasmas (*Verhandl. der deutschen zoologischen Ges. zu Leipzig*, 1891).

(2) FAURÉ-FREMIET. — *Loc. cit.*, p. 14 du présent mémoire.

(3) R. et H. LEWIS. — *Loc. cit.*, p. 17 du présent mémoire.

(fig. 14), BANG et SJÖVALL (1) (fig. 15), l'ont constaté dans la cellule animale.

Les figures que nous plaçons ici, même, et qui ont été empruntées à certains de ces auteurs, montrent en effet qu'il existe la plus parfaite concordance entre les stades décrits par GUILLIERMOND, pour la cellule végétale et ceux constatés par les autres auteurs dans la cellule animale.



FIG. 15.

Empruntée à BANG et SJÖVALL.

Action d'un milieu hypotonique sur l'élément cellulaire du foie d'une grenouille. *a*) Cellule normale. *b*) Cellule fixée au formol puis colorée à l'hématoxyline ferrique. *c*) Cellule ayant subi d'abord l'action hypotonique puis fixée et colorée de la même façon.

FAURÉ-FREMIET a même pu remarquer, à propos de cette dernière, que les vésicules provenant du gonflement des chondriosomes chez les Infusoires finissaient par se toucher et engendrer alors dans le protoplasma, tout comme dans celui de la cellule végétale, la structure alvéolaire de BÜTSCHLI (fig. 13).

2° *Milieu isotonique*. — Les milieux isotoniques sont évidemment sans action sur le protoplasma et, partant, sur les

(1) BANG et SJÖVALL. — *Loc. cit.*, p. 33 du présent mémoire.

chondriosomes. Ils sont par conséquent tout indiqués pour examiner les cellules à l'état vivant car la conservation de leur morphologie interne est parfaitement assurée. Malheureusement ce n'est pas toujours chose facile que d'obtenir un liquide isotonique et l'on peut même dire que pratiquement, la chose est impossible. De plus telle liqueur isotonique au moment où on plonge la cellule vivante dans son sein peut ne plus l'être l'instant d'après.

Par suite en effet des phénomènes de nutrition qui continuent à se produire dans la masse vivante la concentration de l'hydreleucite peut changer d'un moment à l'autre. Dans ces conditions la solution, tout d'abord isotonique, devient *ipso facto* hypo ou hypertonique par rapport au milieu cellulaire. A partir de ce moment les deux milieux sont alors le siège d'échanges qui, suivant le cas, peuvent être endosmotiques ou exosmotiques.

Autrement dit une solution ne peut jouir d'un isotonisme constant par rapport à une cellule vivante donnée que si celle-ci cesse d'effectuer, dans son protoplasma, tout acte vital durant le temps qu'elle est en contact avec la dite solution. S'il n'en est pas ainsi la concentration du suc cellulaire peut varier et l'isotonisme entre les deux milieux disparaît.

Cette disparition entraîne alors après elle des modifications dans la forme du protoplasma : modifications qui sont d'autant plus appréciables que la différence de concentration des milieux en présence est plus sensible.

Or provoquer dans une cellule vivante en contact avec un milieu aqueux, même pour quelques instants, une vie ralentie nous paraît, sinon impossible, du moins très difficile à réaliser. Mieux vaut donc, dans ces conditions, renoncer à l'isotonisme absolu et se contenter d'un isotonisme relatif. C'est du reste ce qu'a fait GUILLIERMOND qui a été amené à la suite de ses recherches sur ce point, à préconiser des solutions aqueuses de saccharose dans des proportions variant de 7,50 à 10,50 pour 100 suivant le cas et, aussi, suivant le stade de développement de la cellule.

3^e *Milieu hypertonique*. — Du fait qu'on met une cellule vivante en présence d'un milieu hypertonique on provoque dans son protoplasma une contraction d'autant plus violente que l'hypertonie est plus forte. On convient de désigner ce phénomène sous le nom de plasmolyse. Or, tant que la cellule reste vivante le chondriome ne présente pas d'altérations notables. Par conséquent, pendant toute la durée des phases précédentes, les chondriosomes ne subissent pour ainsi dire pas de modifications importantes. C'est à peine en effet si l'on constate une légère contraction des chondriocontes lesquels paraissent s'amincir un peu.

Mais lorsque les cellules, continuant à supporter l'action plasmolytique, approchent de la mort, les chondriosomes, et aussi le protoplasma, se comportent d'une tout autre façon.

Au moment même, en effet, où celui-ci meurt il se réhydrate. Il y a pénétration du liquide extérieur dans la cellule, à la suite de laquelle le protoplasma devient plus homogène et plus fluide. Pendant ce temps les chondriosomes gonflent et on retrouve les mêmes stades de gonflement que ceux déjà signalés et décrits à propos des liquides hypotoniques.

Ici encore, les grosses vésicules formées éclatent et leurs parois se résorbent finalement en une infinité de granulations réfringentes.

L'amincissement des chondriocontes constaté par GUILLIERMOND (1) dans la cellule végétale vivante l'a été aussi par BANG et SJÖVALL (2) dans la cellule animale. C'est ainsi qu'ils ont pu voir les chondriocontes de la cellule hépatique se contracter légèrement en milieu hypertonique. Quant aux autres modifications signalées par Guilliermond nous ne croyons pas qu'elles aient été l'objet de recherches dans le Règne animal. Cependant celles-ci paraissent tout indiquées, chez les Protozoaires du moins.

(1) GUILLIERMOND. — *Loc. cit.*, p. 25 du présent mémoire.

(2) BANG et SJÖVALL. — *Loc. cit.*, p. 33 du présent mémoire.

B. — PROPRIÉTÉS CHIMIQUES.

Il nous serait bien difficile de dire quoi que ce soit, même simplement quelque chose d'approché, sur les propriétés chimiques des chondriosomes, puisque la constitution intime de ces corpuscules nous est totalement inconnue.

Si les remarquables recherches de REGAUD; si les ingénieuses recherches de FAURÉ-FREMIET, MAYER et SCHÖFFER, etc., etc., permettent de nos jours de soupçonner la nature chimique de ces corpuscules, du moins elles ne nous autorisent pas à nous prononcer, d'une façon ferme, sur leur constitution exacte. Du reste étant donnés les rôles multiples qu'ils jouent, dans les cellules animales et végétales, il y a lieu de penser que si, à un moment donné, ils peuvent présenter une constitution chimique commune, il est cependant certain que cette similitude n'est que passagère et essentiellement fugace.

Car la mitochondrie jouant un rôle dans la formation des graisses n'a certainement pas la constitution chimique de celle au sein de laquelle apparaissent la xanthophylle et la chlorophylle.

De ce côté là il existe un champ d'études riche et fécond en découvertes et nous ne saurions mieux faire que de le signaler aux chercheurs s'occupant plus spécialement de chimie physique. Ils pourraient y exercer longuement et utilement leur sagacité.

C. — RÉSUMÉ.

Après l'étude relativement détaillée que nous venons de faire des caractères physiques des chondriosomes et des influences diverses qui peuvent agir sur eux, nous devons, pour terminer, en donner ici un aperçu d'ensemble.

1° *Réfringence*. — Les chondriosomes possèdent une certaine réfringence qui permet, d'habitude, de les déceler *in vivo* au sein même du protoplasma. Mais cette réfringence est

d'intensité excessivement variable car elle peut devenir nulle dans certains cas. Toutefois lorsqu'elle existe elle est toujours inférieure à celle des granules graisseux qui peuvent coexister dans la matière vivante.

2^o *Mouvement.* — Les chondriosomes semblent présenter deux sortes de mouvements.

Les uns, paraissant leur être propres, sont des mouvements d'attraction, de coaptation, de répulsion et d'écartement. Ils doivent être certainement provoqués par des actions moléculaires comparables aux phénomènes chimiotactiques.

Les autres au contraire résultent des courants protoplasmiques qui entraînent les chondriosomes.

Enfin lorsque le chondriome lui-même affecte la forme d'une masse compacte, unique, comme dans le cas des chromatophores, il peut présenter des mouvements propres.

3^o *Influence de la température.* — a) *Elévation de la température.* — Les chondriosomes sont très sensibles à l'élévation de température. L'altération se déclanche entre 48° et 50° et provoque une vacuolisation qui va s'accroissant ensuite au fur et à mesure que la température s'élève pour aboutir finalement à l'éclatement et, partant, à la disparition des chondriosomes. Mais ceux-ci ne sont pas également sensibles à l'influence de la température. Il n'est pas rare en effet de voir, dans une cellule donnée, des chondriosomes déjà sérieusement altérés tandis que d'autres ne le sont pas encore. De plus les mitochondries paraissent plus résistantes que les chondriocontes.

Enfin sous l'influence de la fanaison et de la dessiccation les chondriocontes se vacuolisent aussi.

b) *Abaissement de la température.* — Un abaissement de la température semble avoir pour effet de provoquer la multiplication des mitochondries animales. Dans le Règne végétal les températures inférieures à zéro provoquent au contraire une vacuolisation des chondriosomes existants.

4^o *Autres influences.* — Sous l'influence d'une légère compression, des anesthésiques, de la benzine, du xylol, de la

potasse, etc., etc., sous l'influence d'un choc, les chondriocontes se transforment en vésicules, les chondriosomes se vacuolisent.

Sous l'influence de l'acide acétique à 1 %, ceux-ci disparaissent. Par contre l'acide osmique à 1 % les conserve fort bien.

5° *Influence de l'iso, hypo et hypertonicité.* — a) *Hypotonicité* — Au contact des liquides hypotoniques tel que l'eau, les chondriosomes se vacuolisent. Les chondriocontes montrent, dans leur intérieur, un plus ou moins grand nombre de vésicules qui grossissent et finissent par se séparer, tronçant ainsi les chondriocontes. Puis ces vésicules continuent à grossir et lorsque l'action hypotonique entraîne la mort du protoplasma ces vésicules grossissent encore. Elles entrent alors en contact les unes avec les autres et donnent à celui-ci une structure alvéolaire. Puis leur grossissement continuant, elles finissent par éclater tandis que leur enveloppe se réduit en une infinité de granulations réfringentes.

b) *Isotonicité.* — Les liquides isotoniques sont évidemment sans action sur les chondriosomes.

c) *Hypertonicité.* — Les milieux hypertoniques le sont aussi, du moins à l'origine. Mais lorsque l'action se prolonge, l'eau de constitution du protoplasme est enlevée et celui-ci meurt. Il se rehydrate alors car le liquide extérieur pénètre très vite dans la cellule et le gonflement immédiat des chondriosomes s'en suit. Leur vacuolisation continue ensuite à s'accroître de plus en plus, puis finalement, ils éclatent et disparaissent tandis que leurs enveloppes se résolvent en fines granulations réfringentes.

DEUXIÈME PARTIE

Rôle biologique des Chondriosomes.

Dans la première partie de ce travail nous nous sommes exclusivement occupé des caractères généraux des chondriosomes ainsi que de leurs propriétés physiques et des modifications qu'ils peuvent subir sous l'action d'influences extérieures plus ou moins variées.

Il nous reste maintenant à voir la part que prennent ces mêmes corpuscules dans la formation de certaines productions cellulaires qu'on rencontre parallèlement dans les deux Règnes.

Or en appliquant à toutes les productions connues la méthode d'élimination successive, nous avons été amené à n'en retenir que trois : les pigments, les corps gras et les organites de la reproduction.

Il est en effet avéré aujourd'hui que les chondriosomes ne prennent aucune part à la formation du glycogène. Ensuite il nous eut été bien difficile de retenir celui qu'ils jouent dans la sécrétion de la matière osseuse, par exemple, ou dans la sécrétion néoplasique, ou encore dans l'élimination des métaux ou enfin dans celle des matières salines, puisqu'on ne connaît pas, du moins de nos jours, dans le Règne végétal, de correspondants à ces divers rôles.

Il était donc rationnel, étant donné le titre même de cet ouvrage, de nous en tenir aux trois formations que nous avons déjà citées plus haut.

C'est du reste ce à quoi nous nous sommes astreint. Aussi, dans les chapitres qui vont suivre, allons-nous simplement effectuer l'étude comparative de chacune de ces formations.

CHAPITRE V

Du rôle des Chondriosomes dans la formation de certains produits cellulaires.

A. — PIGMENTS.

C'est par celle des pigments que nous commencerons et nous rechercherons tout d'abord le rôle des chondriosomes dans la formation des pigments animaux.

A) *Pigments animaux.*

Les cellules et les tissus animaux renferment de nombreuses substances généralement colorées. Ce sont des pigments.

Parmi ces pigments il y a lieu de distinguer ceux qui sont dus à une infiltration et ceux qui, au contraire, sont autochtones.

D'après certaines recherches, en effet, certains pigments peuvent être absorbés par les cellules et se dissoudre dans des enclaves adipeuses. Le grain pigmentaire comprend alors un substratum et une couleur d'infiltration d'origine alimentaire et végétale. La coloration du jaune d'œuf, celle des tissus adipeux, celles du sérum sanguin, seraient dans ce cas, provoquées par des pigments végétaux. Mais la plupart des pigments sont autochtones et parmi ceux-ci les plus importants sont les pigments ferrugineux et les mélanines.

Les premiers ont une origine globulaire. Ils sont engendrés

en effet par les globules rouges du sang qui subissent pour cela des modifications profondes.

Les autres, au contraire, les mélanines, peuvent avoir soit une origine nucléolaire (dans ce cas le noyau émet dans le protoplasma un globe nucléolaire qui se pigmente ensuite), soit une origine paraplastique et plastique (dans ce cas ces pigments se forment aux dépens d'enclaves paraplastiques variées telles que corps graisseux, boules ferrugineuses, etc.), soit enfin une origine mitochondriale sur laquelle nous allons maintenant nous arrêter pendant quelques instants.

1^o *Origines mitochondriales des mélanines.* — En 1912 MULON (1) fut le premier à émettre l'hypothèse que les chondriosomes pourraient bien jouer un rôle important dans un grand nombre de cas de pigmentogénèse inexplicables par toute autre origine. Puis PRENANT (2) soutint, en 1913, la même idée : « Il est, disait-il, tout naturel et bien facile de partir des mitochondries, organites constants de tout élément cellulaire, pour imaginer que dans certaines cellules et sous certaines influences, ces mitochondries peuvent se transformer en pigment. »

Or un seul argument pouvait démontrer l'exactitude d'une telle hypothèse : c'était la constatation pure et simple de la production de pigments noirs par les mitochondries.

A ce propos V. SZILY (3), en 1911, observa et représenta

(1) MULON. — Sur le pigment des capsules surrénales chez le Cobaye (*C. R. Assoc. Anat.*, 1903).

— Sur le pigment des capsules surrénales chez le Cobaye (*Bibl. Anat.*, t. XIV, 1905).

— Modes de formation du pigment coloré dans la corticale surrénale (*C. R. Soc. Biol.*, 1912).

— Rapport de la cholestérine avec la pigmentation (*Ibid.*, 1913).

— Du rôle des lipoides dans la pigmentogénèse (*Ibid.*, 1913).

(2) PRENANT. — Observations sur les cellules pigmentaires et sur le pigment des Amphibiens (*C. R. Assoc. Anat.*, Nancy, 1909).

— L'origine mitochondriale des pigments (*Soc. Biol.*, 1913).

(3) SZILY. — Ueber die Entstehung des melanotischen Pigments im Auge der Wirbeltierembryonen und in Chorioidealsarkomen (*Arch. f. mikr. Anat.*, Bd. LXXVII, 1911).

très nettement la transformation pigmentaire de ses chromidies en bâtonnets à l'une de leurs extrémités tandis que l'autre restait incolore.

MULON, en 1913, observa ce noircissement et PRENANT affirma avoir vu, sur des préparations mitochondriales effectuées dans la rétine ciliaire d'un supplicé, la pigmentation, le brunissement partiel des mitochondries.

Mais malgré ces observations du plus haut intérêt, faites par des savants aussi dignes de foi, il faut reconnaître que le nombre de celles-ci n'est pas suffisant pour affirmer irrévocablement l'origine mitochondriale des pigments noirs, surtout si l'on songe aux méthodes de fixation et de coloration que les cellules ont supportées pour mettre en relief leur chondriome.

Cependant, il est loisible de réunir un faisceau de faits susceptibles de fournir une forte présomption en faveur de l'origine mitochondriale occasionnelle de la mélanine.

Ainsi considérons la choroïde et l'épithélium pigmenté de la rétine. Les éléments cellulaires de ces deux régions contiennent des chromochondries de forme tout à fait différentes. Celles de la choroïde sont des grains arrondis ou anguleux; celles de l'épithélium pigmenté de la rétine sont au contraire, surtout chez les Vertébrés inférieurs, des bâtonnets souvent très allongés, voire même de véritables filaments.

Or à côté de ces chromochondries il existe, dans la choroïde, des mitochondries et, dans l'épithélium rétinien, des chondriocontes.

Autre exemple. Dans les cellules du tissu propre de l'iris et de la choroïde des Batraciens les chromochondries et les mitochondries coexistent encore. Or les deux sortes d'organites présentent la même forme et le même volume.

Un autre fait important en faveur de l'origine mitochondriale des chromochondries est l'observation que fit HOUSSAY (1)

(1) HOUSSAY. — Etudes d'Embryologie sur les Vertébrés (*Arch. Zool. expér.*, 2^{me} série, t. VIII, 1890).

en 1890. Certes à ce moment le mot mitochondrie n'était pas encore créé. Mais les corps auxquels il s'applique n'en existaient pas moins. Donc HOUSSAY écrivait à cette époque à propos des cellules ectodermiques de l'*Axolotl* : « Il y a balancement entre la taille des « granules » (lisez mitochondries) et la présence de pigments. Ainsi des cellules actives ont de petits granules et sont pigmentées; des cellules au repos ont de gros granules et sont dépourvues de pigment. Lorsque celles-ci entrent en activité les granules prennent des dimensions plus faibles et le pigment y apparaît. »

On peut encore citer en faveur de la même hypothèse une observation faite par M^{lle} N. ASVADOUROVA (1) sur des larves de grenouille. M^{lle} N. ASVADOUROVA a opposé l'un à l'autre l'épiderme du tégument ordinaire qui est pigmenté et l'épithélium de la cornée qui est apigmenté et ne contient que des mitochondries. Or dans la couche superficielle de l'épiderme elle a observé des grains de pigments dont plusieurs s'engageaient jusque dans les stries du plateau recouvrant les cellules et étaient accompagnés de quelques mitochondries de même forme. Par contre, dans la couche profonde, elle remarqua des grains de pigments disposés en croissant, lesquels étaient appliqués contre la face superficielle du noyau. En effectuant ensuite le même examen dans l'épithélium cornéen elle constata que les grains pigmentaires de la couche superficielle étaient remplacés, ici, par des mitochondries et les croissants colorés de la couche profonde, par des croissants incolores.

Enfin, à l'appui de l'hypothèse de la formation occasionnelle de la mélanine par des chondriosomes, on peut encore citer l'existence dans les grains de pigments, d'un substratum de même forme que les corps mitochondriaux et se colorant, de

(1) M^{lle} V. ASVADOUROVA. — Sur l'origine et la structure des cellules pigmentaires dans le foie des Urodèles (*C. R. Soc. Biol.*, 1907).

— Sur la microchimie des cellules pigmentaires (*C. R. Ass. Anat.*, Nancy, 1909).

— Recherches sur la formation de quelques cellules pigmentaires et des pigments (*Arch. Anat. micr.*, 1913).

la même façon qu'eux, par les méthodes mitochondriales.

ALTMANN (1) eut le premier l'idée de l'existence de ce substratum. Mais elle fut surtout reprise par REINKE (2) qui donna le nom de « Pigment-bildner » à ce support. De plus il le compara aux chloroplastes des végétaux.

Cependant certains auteurs doutèrent de cette existence et c'est ainsi, par exemple, que KRÜCKMANN (3) ayant étudié les grains de pigment de l'épithélium rétinien ne trouva pas la forme incolore qui aurait dû précéder la forme pigmentée. De plus il constata qu'après dépigmentation les corps ne se coloraient pas plus énergiquement que le reste de la matière vivante.

FAURÉ-FREMIET (4) montra plus tard que les granules pigmentaires de *Fabrea salina* ne laissent aucun substratum résiduel après la dissolution de leur pigment.

Mais les recherches faites par M^{lle} ASVADOUROVA (5) semblent avoir démontré, dans la suite, l'existence de ce substratum.

C'est ainsi qu'il lui fut permis d'observer, dans la rétine ciliaire d'un embryon de lapin de trois jours, colorée au BENDA, toutes les transitions entre les grains pigmentés et les grains colorés par le Kristalviolet.

Les cellules rétiniennes de l'œil pinéal du *Scincus officinalis* lui présentèrent encore un fait remarquable.

En effet, après fixation par le FLEMMING (sans acide acétique) et coloration avec la safranine, elle observa, au-dessus et au-dessous du noyau, deux amas fortement colorés et granuleux. Entre les grains, qui n'étaient que des mitochondries, se trouvaient quelques grains pigmentaires de même forme.

(1) ALTMANN. — *Die Elementorganismen u. ihre Beziehungen zu den Zellen*, Leipzig, 1890.

(2) REINKE. — Ueber Pigment und deren Bildung bei Tieren (*Naturf. Ges. zu Rostock*, 1893).

— Zellstudien (*Arch. f. mikr. Anat.*, Bd. XLIII, 1894).

(3) KRÜCKMANN. — Ein Beitrag über die Pigmentepithelzellen der Retina (*Arch. f. Ophthaln.*, Bd. XLVII, 1899).

(4) FAURÉ-FREMIET. — Sur la structure intime de *Fabrea salina* (*C. R. Soc. Biol.*, 1911).

(5) M^{lle} ASVADOUROVA. — *Loc. cit.*, p. 78 du présent mémoire.

En examinant ensuite ces amas de plus près elle put y constater la présence, surtout dans l'amas supra-nucléaire, de rangées de grains ou de bâtonnets, les uns rouges, les autres pigmentés, les autres intermédiaires par leur coloration, entre les variétés précédentes.

2° *Origine mitochondriale d'autres pigments.* — Enfin, les travaux de VERNE (1) sur l'origine des pigments ont vraiment montré que, dans certains cas, les chondriosomes contribuent directement à leur formation.

On sait en effet que chez les Crustacés décapodes il existe toujours un pigment blanc-jaunâtre, le pigment réfléchissant de KEEBLE et GAMBLE, et un pigment rouge.

Le pigment blanc-jaunâtre, vu par lumière transmise, a une couleur bistre. Il est en outre bien souvent accompagné d'un pigment noir ou brun qui se forme à ses dépens. Ces deux pigments constituent un premier groupe ayant pour base l'azote puisqu'ils proviennent de la désintégration des matières protéiques. Aussi VERNE en fait-il une série azotée d'origine protéique.

Le pigment rouge forme à son tour une deuxième catégorie dans laquelle le même auteur fait entrer différents dérivés de ce pigment résultant de sa combinaison avec une albumine.

Cette nouvelle catégorie porte le nom de série zooerythrique ou série des composés carotinoïdes.

Ceci dit, la série azotée comprend deux termes chez les Décapodes :

1° Un pigment jaune, réfringent, que VERNE a dénommé pigment amino-acide ;

2° Un pigment brun noir qui est une mélanine.

Par contre, la série zooerythrique comprend de la zooerythrine.

Or le pigment amino-acide est essentiellement localisé dans

(1) VERNE. — *Les pigments légumentaires des Crustacés décapodes* (Th. Doct. Sc. Nat., Paris, 1921).

des cellules appelées cellules amido-acidophores et le pigment rouge, dans des érythrophones.

Les amido-acidophores, mésenchymateuses à l'origine, possèdent, dès le début même de leur évolution pigmentaire, un chondriome abondant riche en chondriocontes et aussi en chondriomites. Mais au fur et à mesure que la pigmentation se développe, il est permis de voir l'élaboration du pigment amino-acide sur le substratum mitochondrial.

Les érythrophones possèdent, à côté de grains très fins et colorés, d'autres grains non colorés mais aussi fins que les précédents et visibles, à l'état frais, grâce à leur réfringence.

Or, suivant qu'on examine telle ou telle cellule, on remarque très facilement un balancement entre la quantité de grains de pigment décelables par l'iode et la quantité de grains réfringents, qui ne sont autres que des mitochondries car on peut les révéler par les méthodes classiques de REGAUD et de BENDA.

Du reste il est facile de reconnaître dans les préparations tous les termes de passage entre le grain incolore et le grain pigmentaire. Le pigment rouge se forme donc bien aux dépens des chondriosomes. De plus VERNE a vu ceux-ci se gonfler, se vacuoliser à mesure qu'ils se transformaient en grains de pigment. Puis il les a vus se fusionner entre eux toutes les fois que le cytoplasma présentait à l'état normal une flaque pigmentaire.

B) *Pigments végétaux.*

Les pigments végétaux, la chlorophylle mise à part, sont classés de nos jours en deux groupes : la série xanthique et la série anthocyanique.

1^o *Série Xanthique.* — La série xanthique dont nous allons nous occuper tout d'abord comprend des pigments jaune, rouge-orange, rouge vif, rouge carmin. On les rencontre non seulement dans les chromoplastes d'un très grand nombre de

fleurs et de fruits mais aussi dans tous les chloroplastes où ils sont associés à de la chlorophylle.

Ces pigments sont loin d'être parfaitement connus. Cependant on possède sur deux d'entre eux, la carotène et la xanthophylle, des connaissances exactes.

La carotène très commune dans la racine de carotte, est un carbure d'hydrogène ayant pour formule $C^{40}H^{56}$. Sa coloration varie du rouge-orangé au jaune-orangé et on la rencontre dans bon nombre de fleurs et de fruits.

La coloration rouge de la tomate serait cependant due non pas à de la carotène mais à un isomère de celle-ci : la lycopène. Cette dernière existerait encore, d'après MONTEVERDE et LUBIMENKO (1), dans le fruit de *Rosa canina*.

La xanthophylle est un pigment jaune ayant pour formule $C^{40}H^{56}O^2$. Elle paraît être une carotène oxydée. Un isomère de la xanthophylle existerait dans le fruit de certaines Conifères. On lui a donné le nom de rhodoxanthine et se présenterait avec une couleur rouge.

D'autres pigments ont été découverts qui, par certaines propriétés, se rapprochent de la carotène et de la lycopène et qui, par d'autres, se font placer entre ces deux corps : ce sont les lycopinoïdes.

Mais, à côté de ces derniers, bon nombre d'autres ont été mis en évidence qui se rapprocheraient beaucoup au contraire de la rhodoxanthine.

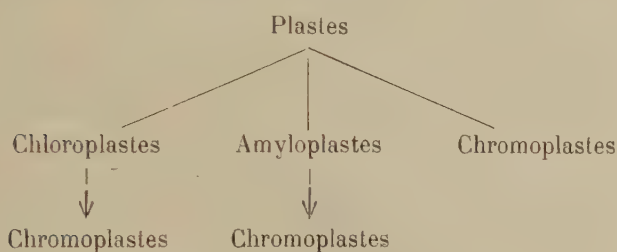
Quoi qu'il en soit, pour LUBIMENKO, tous ces pigments se trouveraient à l'état de mélange dans les chromo et chloroplastes d'un grand nombre de végétaux et tireraient leur origine de la chlorophylle, car ils n'apparaissent dans les chloroplastes que lorsque le pigment vert en est disparu.

Le mode de formation de ces pigments dans la cellule et, plus spécialement, celui de la xanthophylle et de la carotène, a été observé par bon nombre d'auteurs. Il résulte de leurs

(1) MONTEVERDE et LUBIMENKO. — Sur la formation de la chlorophylle chez les Plantes. — Sur la rhodoxanthine et la lycopène (*Bull. de l'Ac. nat. des Sc. de Saint-Petersbourg*, 1913).

travaux que tous sont d'accord pour reconnaître la formation de ces pigments dans des chromoplastes. Mais lorsqu'il s'agit de l'origine de ces derniers, les avis sont partagés. Les uns prétendent qu'ils sont des chloroplastes dont la chlorophylle s'est résorbée ; les autres, au contraire, disent qu'ils résultent, soit de la transformation d'amyloplastés, soit encore de la transformation directe de plastés en chromoplastes.

Le tableau suivant résume du reste nettement les divergences de vues des auteurs sur ce point.



Quoi qu'il en soit les recherches effectuées par GUILLIERMOND sur la formation des pigments ont éclairé définitivement, *dit cet auteur*, « les obscurités qui subsistaient sur l'origine des chromoplastes et précisent les détails de l'évolution de ces organites. Elles démontrent que les chromoplastes de SCHIMPER, de A. MEYER et de COURCHET dérivent des mitochondries et représentent, soit des mitochondries non différenciées ayant élaboré le pigment, soit des formes différenciées, c'est-à-dire des mitochondries accrues ou plastés proprement dits » (1). Nous reviendrons plus tard sur ce passage dont la portée est capitale pour nous et nous dirons pour le moment que GUILLIERMOND, reprenant les travaux de ses prédécesseurs et les ajustant à la notion mitochondriale, a groupé la formation des pigments suivant trois types :

Dans le premier le pigment apparaît au sein de chondriosomes (chondriocontes) ou de chromoplastes issus de chondriocontes, sous forme de fines granulations.

(1) GUILLIERMOND. — *Loc. cit.*, p. 25 du présent travail et p. 692 du mémoire cité.

Dans le deuxième il apparaît au sein de chondriocotes ou de chromoplastes en dérivant, sous forme de cristaux.

Enfin, dans le troisième, le pigment apparaît à l'état diffus, granuleux ou cristallin, dans de gros chromoplastes résultant de la métamorphose de chloroplastes anciennement formés aux dépens de mitochondries (1).

Ceci dit étudions d'abord le premier type et prenons pour exemple la Tulipe.

« Le mode de formation du pigment xanthophyllien dans la fleur de Tulipe a été fort peu étudié » dit GUILLIERMOND (2). « Seul SCHIMPER a consacré quelques lignes à la formation de ce pigment et a décrit, dans l'épiderme des pétales de *Tulipa gesneriana*, des chromoplastes en forme de bâtonnets parfois incurvés. Ces éléments résultent, selon cet auteur (SCHIMPER), de la croissance dans une seule direction de petits leucoplastes arrondis ou légèrement allongés qui élaborent de petits grains d'amidon puis s'imprègnent de pigment. Ces chromoplastes ne sont pas autre chose que les chondriocotes que nous venons de décrire, ce qui prouve une fois de plus que, comme nous l'avons déjà soutenu, les plastes de W. SCHIMPER sont assimilables aux mitochondries. »

Voyons maintenant ce que GUILLIERMOND a observé. Les cellules les plus jeunes de l'épiderme d'un pétale de fleur de Tulipe renferment un chondriome constitué surtout par de courts bâtonnets et des mitochondries (fig. 16, a). Celles-ci se multiplient pendant la croissance de la cellule tandis que d'autres, principalement les courts bâtonnets qui existent déjà, se transforment en longs chondriocotes flexueux, onduleux, parfois même ramifiés. La plupart des mitochondries ainsi engendrées se transforment aussi en chondriocotes. De sorte que, finalement, il n'existe plus dans la cellule que de rares mitochondries qui restent passives et des

(1) Cette division a été textuellement copiée dans le travail de GUILLIERMOND ayant pour titre : *Le chondriome des végétaux*, aux pages 692, 694 et 695.

(2) GUILLIERMOND. — *Loc. cit.*, p. 25 du présent mémoire.

chondriocotes qui vont devenir au contraire très actifs (fig. 16, *b*).

En effet, à ce propos « après avoir formé sur leur trajet de petits grains d'amidon transitoire (fig. 16, *c*) ces éléments s'imprègnent d'un pigment jaune du groupe des xanthophylles

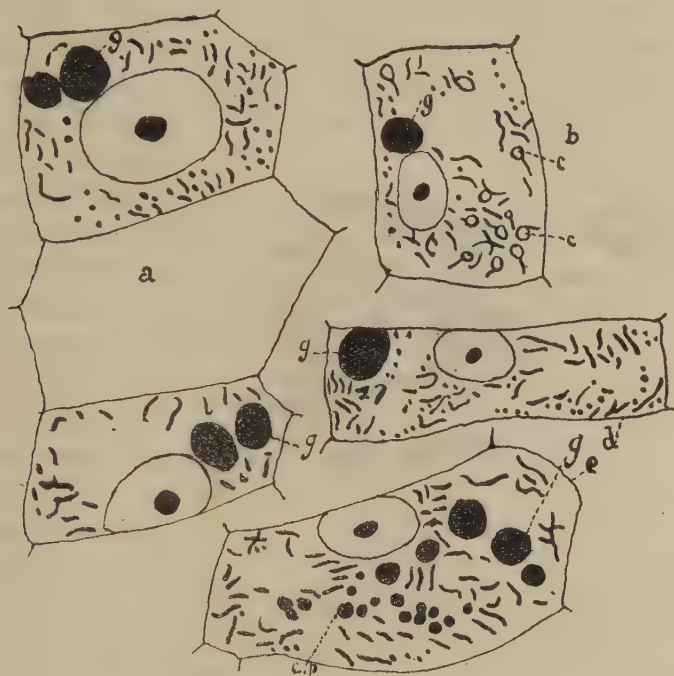


FIG. 16.

Empruntée à GUILLIERMOND.

Cellules épidermiques de *Tulipa suaveolens*. *a*) cellules très jeunes ; *b*) les chondriocotes élaborent des grains d'amidon (*c*) ; *d*) et *e*) l'amidon est résorbé ; les globules (*g*) sont des globules oléagineux.

qui paraît être à l'état de granulations tellement fines qu'il est difficile de les distinguer et qu'on a parfois l'impression d'un pigment diffus. C'est à cet état (fig. 16, *d*) qu'on retrouve les chondriocotes dans la fleur épanouie. Le pigment est donc ici entièrement élaboré dans des chondriocotes et il ne se forme pas à proprement parler de chromoplastes. Ces

chondriocotes ont été décrits par SCHIMPER comme des chromoplastes en bâtonnets, ce qui prouve une fois de plus que les plastides (1) de SCHIMPER ne sont autre chose que des mitochondries ».

L'épiderme des pétales de la fleur d'*Iris germanica* présente une variante. Ici, en effet, les phénomènes sont les mêmes au début. Mais après leur imprégnation par le pigment les chondriocotes s'épaississent et forment dans la masse de leur corps de petits renflements qui peuvent ensuite se séparer. Ceux-ci deviennent alors autant de chromoplastes arrondis,

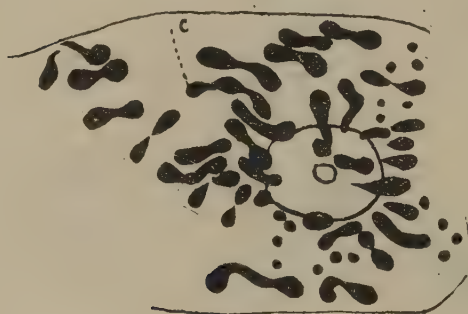


FIG. 17.

Empruntée à GUILLIERMOND.

Cellule épidermique d'*Iris germanica* observée sur le vivant et en milieu isotomique.

La figure originale a été diminuée d'étendue.

typiques. S'ils ne se séparent pas les chondriocotes présentent très nettement l'aspect d'un fragment de chaquet (fig. 17, c). Des faits analogues peuvent encore s'observer dans les fleurs de *Begonia*, de *Fritillaria imperialis*.

Dans d'autres espèces d'*Iris* (*I.*

fætidissima, *pseudoacorus*, etc.) la séparation des renflements a toujours lieu.

Quoi qu'il en soit, dans tous ces exemples, le pigment se présente sous une forme diffuse ou finement granuleuse.

Voyons maintenant, toujours d'après GUILLIERMOND, des cas où le pigment apparaît encore sous forme de fines granulations mais dans des « chromoplastes issus de mitochondries (chondriocotes) ».

Un premier exemple nous est fourni par l'épicarpe du fruit

(1) Il est bien entendu que plastide = p'aste = leucite.



FIG. 18.

Empruntée à GUILLIERMOND.

Cellules de l'épicarpe du fruit d'*Arum italicum*.

d'*Arum italicum*. A cet effet les chondriocentes forment, dans leur masse, de petits renflements (fig. 18, 2) qui représentent pour GUILLIERMOND de petits plastes. Chacun de ces renfle-

ments renferme à un moment donné, de l'amidon (fig. 18, 3, a). Puis celui-ci disparaît pour faire place à de petits grains de pigment rouge (fig. 18, 4 et 5, r). De sorte que finalement

chaque petit renflement présente un certain nombre de ces grains rouges.

Remarquons en passant que dans le cas d'*Arum maculatum* les renflements ne se séparent généralement pas les uns des autres.

Des faits identiques peuvent encore être observés dans *Lilium pompeianum*, *Taxus baccata*, etc., etc.

Un autre exemple nous est fourni par le fruit d'*Asparagus officinalis*. Mais ici les renflements des chondriocotes se séparent « sous forme de petits plastes incolores, arrondis ». Puis « ces leucoplastes au bout d'un certain temps se transforment en chromo-

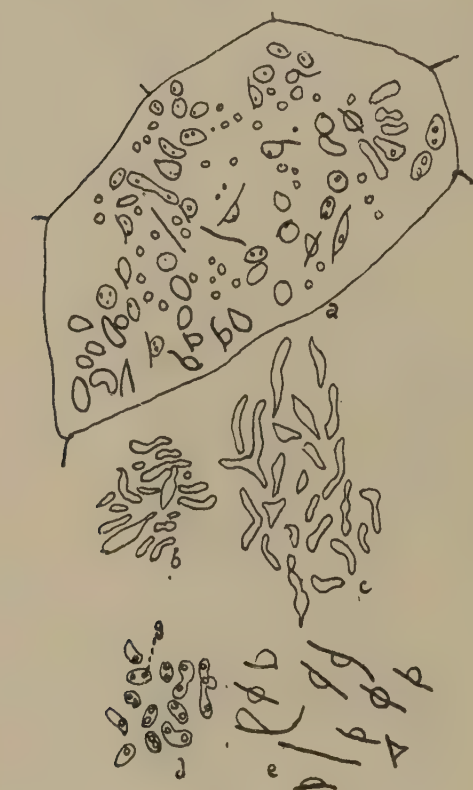


FIG. 19.

Empruntée à GUILLIERMOND.

- a) Epiderme interne de pétale de fleur de Glaïeul ;
b) les chondriocotes se renflent ; c) le pigment xanthophyllien apparaît ; d) les chondriocotes se transforment en chromoplastes et présentent des gouttelettes de graisse (g) ; e) les chromoplastes élaborent ensuite des aiguilles de carotène.

plastest » et se remplissent à cet effet de petits grains rouges.

Etudions maintenant le deuxième type et prenons comme exemple l'épiderme interne des pétales de fleur de Glaïeul, dont certains éléments renferment à la fois un pigment

xanthophyllien jaune et un pigment jaune-orangé du groupe des carotines.

Ici les chondriocötes présentent d'abord le pigment jaune sous la forme diffuse ou finement granuleuse. Puis il y appa-

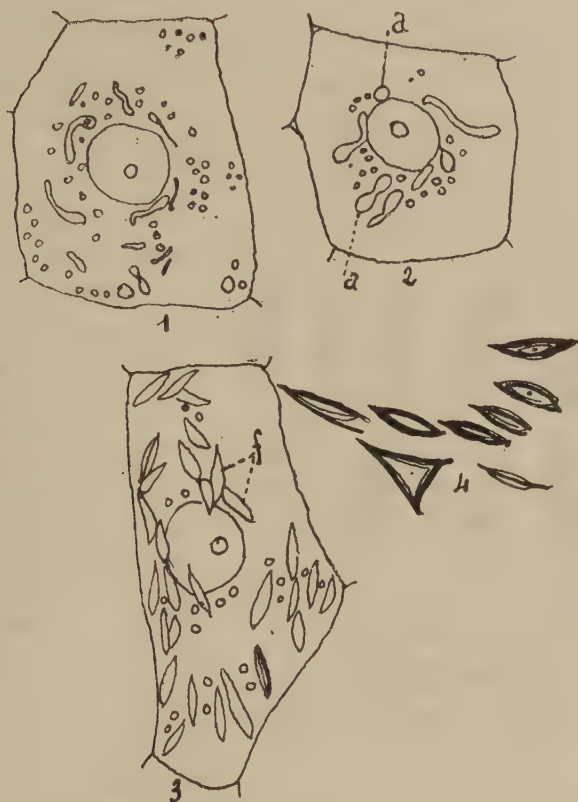


FIG. 20.

Empruntée à GUILLIERMOND.

Cellules de fleurs de Canna.

rait le pigment jaune-orangé sous l'aspect d'une longue aiguille axiale, laquelle communique à l'ensemble une allure cristalline (fig. 19, *a* et *e*). Dans certains Glaïeuls le pigment carotiniën seul existe. Il forme alors plusieurs aiguilles placées sur la périphérie du chondriocöte.

De tels faits se rencontrent encore dans les fleurs de *Clivia*

nobilis. Seulement le pigment carolinien apparaît ici, tout d'abord, dans les chondriocotes sous la forme de fines granulations puis, ensuite, sous la forme d'une ou de plusieurs aiguilles cristallines.

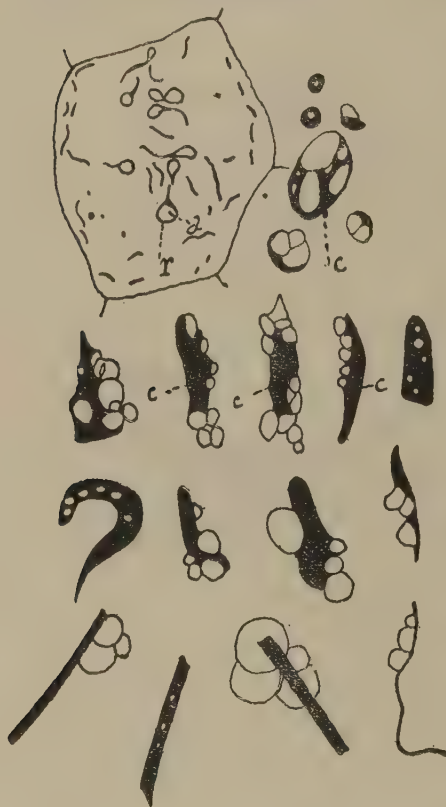


FIG. 21.

Empruntée à GUILLIERMOND.

Cellules de la racine d'une Carotte montrant l'évolution des chromoplastes.

Dans d'autres cas (épiderme de pétales de *Canna*; épiderme des fruits de *Solanum dulcamara*, *S. lycopersicum*, *Bryonia dioica*, etc., etc.) les chondriocotes se tronçonnent d'abord en plastes arrondis (fig. 20, 2, a), les plastes se transforment en chromoplastes fusiformes (fig. 20, 3, f) et finalement le pigment carotinien y apparaît en y cristallisant sous la forme de minces aiguilles, lesquelles leur donnent un aspect de fuseau ou de triangle (fig. 20, 4). Dans la fleur de *Cucurbita pepo*, d'*Amaryllis lutea*, les chondriocotes

élaborent une chlorophylle transitoire puis, après sa disparition, les pigments xanthophyllien et carotinien apparaissent.

Un autre cas très intéressant est celui qui nous est fourni par la racine de *Daucus carota* que SCHIMPER, MEYER et COURCHET ont étudié bien avant GUILLIERMOND. En examinant

en coupe longitudinale ou transversale, comme l'a fait ce dernier auteur, une jeune racine de *Daucus carota* on reconnaît dans ses très jeunes cellules, un chondriome essentiellement formé de mitochondries et de chondriocotes. Ces derniers sont surtout abondants et ce sont eux qui se différencient. A ce propos il se forme dans leur masse des renflements (fig. 21, *r*) dont la répartition est, comme on le sait déjà, des plus variables. D'où l'aspect de tétard, d'haltère ou de fuseau que prennent les dits chondriocotes. Dans ce renflement ne tardent pas à apparaître des grains d'amidon. Ceux-ci grandissent ensuite aux dépens de la substance chondriomique. Puis, lorsque leur croissance est terminée, on les voit prendre des contours plus ou moins flous et irréguliers. Leur limite devient moins nette. Bref on sent qu'ils sont en voie de digestion. Pendant ce temps la substance chondriomique (fig. 21, *c*) qui les entoure encore, semble se régénérer. Elle augmente de volume et prend alors des formes variées telles que celles d'un tube, d'un losange, d'un fuseau, etc. Ce dernier aspect est dû au fait que, à partir du moment où les grains d'amidon commencent à se résorber, il se développe tout près d'eux, dans l'intérieur même de la substance du chromoplaste, un élément pigmenté d'aspect très varié. Tantôt c'est une aiguille ou un bâtonnet très mince et très allongé ou bien encore un filament spiralé. Tantôt encore c'est une sorte de tube plus ou moins allongé, plus ou moins étroit, tantôt enfin c'est une lame ou un losange.

Ces observations, SCHIMPER (1), MEYER (2), COURCHET (3) les avaient faites (fig. 22), nous le répétons encore, et les recherches de GUILLIERMOND n'ont fait que les confirmer une fois de plus.

Passons enfin au troisième type.

(1) SCHIMPER. — Ueber die Entwicklung der Chlorophyllenkörner und Farbkörper (*Bot. Zeitung*, 1883).

(2) MEYER. — Ueber Chlorophyllkörner, Stärkebildner und Farbkörper (*Botanische Centralblatt*, 1883, vol. XII, n° 9).

(3) COURCHET. — Recherches sur les Chromoleucites (*Ann. Sci. Nat. Bot.*, 1888).

C'est le cas, comme le dit GUILLIERMOND, qui a surtout été étudié par W. SCHIMPER, A. MEYER et COURCHET. Ici les chromoplastes dérivent de chloroplastes. Mais la transformation de ceux-ci en ceux-là est assez souvent accompagnée d'un changement de forme lorsque le pigment devient un cristal. En effet les chloroplastes ont alors un aspect de fuseau, de

triangle. Au contraire lorsque le pigment reste à l'état diffus ou granuleux le chromoplaste présente la forme du chloroplaste dont il dérive.

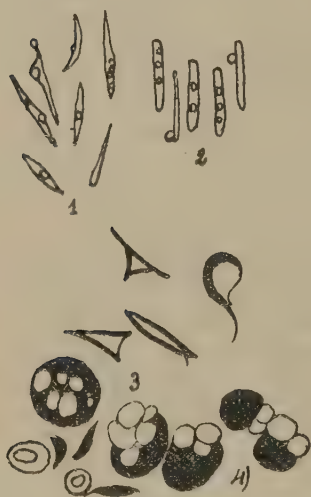


FIG. 22.

Quelques-unes des figures
de SCHIMPER, MEYER et COURCHET.

1 et 2. Schimper. — 3. Meyer. —
4. Courchet.

2° Série anthocyanique. —

Abordons maintenant l'étude de la série anthocyanique.

Il existe dans le Règne végétal un certain nombre de pigments qu'on rencontre, surtout à l'automne, dans les feuilles jeunes ou dans les feuilles âgées ou, encore, dans bon nombre de fleurs et de fruits. Ces pigments qui peuvent être rouges, violets ou bleus, ne sont pas localisés comme la xanthophylle, la carotine et la chlorophylle propre-

ment dite sur des plastes ou leucites. Ils se présentent au contraire sous la forme de vacuoles plus ou moins colorées et dépourvues de tout substratum.

POLITIS (1) avait cependant montré en 1911, par ses recherches sur le vivant, que les pigments anthocyaniques des fleurs de *Convallaria japonica*, d'*Iris fimbriata*, de *Lælia anceps*, d'*Aquilegia glandulosa*, d'*Erica carnea*, etc., etc.,

(1) POLITIS. — Supra speciali corpi cellulari che fornano antocianine (*Atti dell' Instituto Botanicq della R. Università de Pavia*, 1911).

apparaissent d'abord dans le cytoplasma au sein de corpuscules spéciaux qu'il désigne sous le nom de cyanoplastes.

Les résultats auxquels était arrivé POLITIS intriguèrent fort GUILLIERMOND et, en 1912, celui-ci reprit l'étude de l'origine de l'anthocyane alors qu'il était tout acquis à la notion mitochondriale.

Les bourgeons de *Juglans regia*, de *Rosa* (s. p.?), certains organes végétatifs tels qu'une plantule de *Ricinus communis*, un tubercule de *Solanum tuberosum*, des feuilles d'automne et, enfin, des fleurs, lui servirent de sujets d'études, lui fournirent des sujets de recherches fort intéressants.

Les observations qu'il fit sur ces organes lui permirent finalement de conclure à l'origine chondriosomique des pigments anthocyaniques. Il avait en effet remarqué que ces pigments étaient élaborés soit par des chondriocontes, soit par des mitochondries, soit enfin par un petit corpuscule, unique par cellule, répondant certainement au cyanoplaste de POLITIS mais dérivant lui aussi d'une mitochondrie.

Malheureusement, pour ces conclusions, les recherches de DANGEARD vinrent éclairer l'origine de l'anthocyane d'un jour tout nouveau et GUILLIERMOND dut reconnaître, dans la suite, son erreur d'interprétation. Il le fit de fort bonne grâce et voici du reste comment il s'exprime à ce propos : « J'ai, pour la première fois (1913), fait connaître le mode de formation de l'anthocyane. L'observation vitale des jeunes feuilles de Rosier m'a permis de démontrer que ce pigment apparaît sous forme d'éléments morphologiquement semblables à des mitochondries. J'avais donc cru pouvoir admettre au début de mes recherches (alors que l'évolution du système vacuolaire était encore inconnue) (1), que les pigments anthocyaniques ont une origine mitochondriale : les mitochondries se seraient imprégnées d'anthocyane pour ensuite se transformer en vacuoles remplies de pigment. Cette conclusion paraissait

(1) GUILLIERMOND. — Notice des travaux de l'auteur, p. 78.

d'autant plus légitime que les autres pigments végétaux naissent dans des mitochondries et que les travaux de PRENANT venaient de montrer que les pigments animaux se forment de la même manière. Les préparations vitales de feuilles de Rosier que j'avais montrées au Congrès des Anatomistes (Lausanne, 1913) avaient d'ailleurs entraîné la conviction de tous les cytologistes qui s'y trouvaient. Le mode de formation de l'anthocyane est général et a été retrouvé depuis, par un grand nombre d'auteurs, dans les Végétaux les plus divers. Il est donc indiscutable que l'anthocyane présente, à son origine, des formes morphologiquement semblables à des mitochondries. Mais les recherches ultérieures ont démontré que mon interprétation n'était pas exacte.

« Les travaux de PENZA ont fait voir, en effet, que les figures mitochondriales de l'anthocyane ne se conservent pas par les méthodes mitochondriales et ne paraissent par conséquent pas être des mitochondries.

« Les études de DANGEARD (1) ont démontré, d'autre part, que le système vacuolaire, dans les cellules jeunes, apparaît toujours après coloration vitale, sous forme d'éléments semblables à des mitochondries et que le mode de formation de l'anthocyane n'est qu'un cas particulier du processus général de formation des vacuoles. »

3^o *Chlorophylle*. — Enfin, pour en finir avec l'étude de l'origine des pigments, nous devons dire encore quelques mots de la chlorophylle.

En 1910, LEWITSKY (2) ayant étudié les chondriosomes dans *Pisum sativum* et *Asparagus*, ayant de plus suivi leur évolution, constata que ces organites donnaient naissance aux

(1) DANGEARD. — Nouvelles recherches sur la nature du chondriome et ses rapports avec le système vacuolaire (*Bull. Soc. Bot. France*, 1916).

— Etc., etc., etc...

(2) LEWITSKY. — Ueber die Chondriosomen in pflanzlichen Zellen (*Ber. d. Deutsch Bot. ges.*, T. XXVIII, 1911).

— *Loc. cit.*, p. 19 du présent travail.

chloroplastes. La même année, PENZA (1) reconnut, lui aussi, que les chondriosomes représentaient le premier stade évolutif des chloroleucites. Mais ce ne fut cependant que très prudemment qu'il avança le fait.

Si maintenant on parcourt les travaux des auteurs antérieurs sur l'origine et le développement des chloroplastes, on est frappé des vues contraires qui ont été émises à ce propos. Toutefois, quelles que soient leurs divergences, on peut cependant classer les auteurs de ces diverses opinions en trois catégories bien distinctes.

Les uns, en effet, voient dans le chloroleucite le résultat de la métamorphose du grain d'amidon (2).

Les autres (3), tout en admettant cette origine, pensent qu'il peut aussi provenir d'une différenciation du protoplasma pariétal ou de celui qui entoure directement le noyau. Cette différenciation entraînerait pour les uns (a) la formation d'un corpuscule qui condenserait ensuite sur lui la chlorophylle se

(1) PENZA. — Osservazione der morfologica e biologica cellulare nec vegetali (*Arch. f. Zellsforschung*, 1913).

— Chondriosomi e pigmento anthocianico nelle cellule vegetali (*Anatomischer, Anzeiger*, 1913).

— Ancora a proposito di condriosomi e pigmento anthocianico nelle cellule vegetali (*Anat. Anzeiger*, 1914).

— Fatti e considerazioni a proposito di alcune formazioni endocellulari dei vegetali (*Memorie der R. Inst. Lombardo del Sc. e Lett.*, 1917).

(2) MULDER. — *Versuch. einer phys. chemie*, 1830.

BÖHM. — *Sitzungb. der Kai. Akad. Wien.*, 1856.

WIESNER. — *Entstehung des Chlorophyll in der Pflanzen.*, Wien, 1877.

SACHSE. — *Chemie und Physiologie der Farbstoffe*, Leipzig, 1877.

HABERLANDT. — Ueber die Entstehung der Chlorophyllkörper in der Keimblättern von *Phaseolus vulgaris* (*Bot. Ztg.*, 1877).

STÖHR. — Entstehung der Chlorophyllk. in der Epidermis (*Sitz. der K. Akad. Wien*, 1879).

BELZUNG. — Marche totale des phénomènes amylochlorophylliens (*Journal de Botanique*, 1895).

— *Traité d'Anatomie et de Physiologie végétale*, 1900.

(3) a) A. GRIS. — Recherches microscopiques sur la Chlorophylle (*Ann. Sc. Nat. Bot.*, t. VII, 1857).

TRECU. — Des formations vésiculaires des cellules végétales (*Ann. Sc. Nat.*, t. X, 1858).

GODFRIN. — Anatomie comparée des Cotylédons (*Ann. Sc. Nat. Bot.*, t. XIX, 1884).

formant librement dans le protoplasma. Pour les autres (b), au contraire, elle engendrerait un tas de tout petits corpuscules ou microsomes cytoplasmiques incolores ou verts qui, en s'accroissant ou en se fusionnant, donneraient le chloroplaste.

Les autres (1), enfin, le font dériver d'un petit corpuscule incolore, préexistant dans l'œuf, lequel se transmet de cellule à cellule en se multipliant par division.

Or, c'est cette dernière manière de voir qui doit être retenue, comme on va du reste pouvoir s'en rendre compte maintenant.

Si on examine en coupes minces de très jeunes feuilles, on observe que la base de chacune d'elles est constituée par un tissu dont les éléments sont intimement unis entre eux. Chacun de ceux-ci possède un abondant protoplasma creusé, ça et là, de petites vacuoles, de petits hydroleucites, un noyau et de très nombreux chondriocotes. Dans la région moyenne de l'organe considéré, ces chondriosomes se montrent surtout

(3 de la page précédente) b) SACHS. — Ueber den Einfluss der Lichtes auf die Bildung des Amzhm in den Chlorophyllkörnern (*Bot. Ztg.*, 1868).

MIKOSCH. — Ueber die Enst. der Chlorophyll. (*Sitz. der Kai. Akad. Wien*, Bb. LXXVIII, 1878).

EBERDT. — Beiträge zur Entstehungsgeschichte der Stärke (*Jahr. f. viss. Bot.*, Bd. XXII, 1891).

D'ARBAUMONT. — Sur l'évolution de la Chlorophylle et de l'amidon dans la tige de quelques Végétaux (*Ann. Sc. Nat. Bot.*, 7^{me} sér., t. V, 1887).

VOUK. — Laubfarbe und Chloroplastenbildung (*Sitzungsber. der Kai. Akad.*, Bd. CXVII, Wien, 1909).

(1) SCHIMPER. — *Loc. cit.*, p. 91 du présent travail.

A. MEYER. — Ueber die struktur der Stärkekörner (*Bot. Zeit.*, 1881).

— *Das Chlorophyllkorn in chemischer, morphologischer und biologischer Beziehung*, Leipzig, 1883.

— Bemerkungen zu G. Lewitsky : Ueber die chondriosomen in pflanzlichen zellen (*Ber. d. D. Bot. ges.*, t. XXI, 1911).

BREDOW. — Beiträge zur Kenntniss der Chromatophoren (*Jahr. f. wiss. Botanik*, Bd. XXII, 1891).

FAMINTZIN. — Ueber das Schicksal der Chlorophyllkörner in samen und Keimlungen (*Arbeiten der Botanischen Laboratorium des Akad. St-Petersburg*, 1893).

GOURCHET. — *Loc. cit.*, p. 81 du présent mémoire.

MILLER. — The origin chloroplastes in the cotyledons of *Helianthus. annuus* (*Bot. Gazett.*, Bd. LI, 1911).

localisés tout autour du noyau et entrent en relation très intime avec sa paroi.

De plus, à ce même niveau, les chondriocontes se transforment en bâtonnets courts et trapus. Et, comme leur nombre est beaucoup plus élevé qu'avant, il est naturel de supposer que les premiers ont subi une fragmentation. Quoi qu'il en soit, lorsque les bâtonnets courts et trapus sont formés, ils se renflent et, à partir de ce stade, on retrouve encore ici les formes en massue, en haltère, en fuseau, etc., etc. Puis, c'est la séparation de ces renflements, leur individualisation et leur augmentation de volume. De sorte qu'il ne reste bientôt plus dans chaque cellule que des grains sphériques ou ovoïdes relativement gros.

Mais à ce moment apparaît un phénomène intéressant. Une coloration jaune verdâtre, en effet, est visible dans toute l'étendue de chaque cellule. Toutefois, si l'on concentre l'observation sur la région nucléaire, on reconnaît assez facilement que cette coloration est loin d'être générale et qu'elle est, pour ainsi dire, exclusivement localisée autour du noyau, c'est-à-dire là où les chondriosomes sont fort abondants. En réalité, ce sont les grains sphériques qui commencent à devenir des chloroplastes.

Si maintenant on observe la région supérieure des feuilles, les éléments du chondriome semblent avoir totalement disparu ; mais, en leur lieu et place, on remarque très nettement l'existence de chloroplastes qui se colorent de la même manière que les éléments du chondriome.

Dans les régions tout à fait supérieures, les chloroplastes sont nettement différenciés et si l'on fait agir sur eux l'eau iodo-iodurée, on voit immédiatement apparaître dans leur sein un ou plusieurs petits points bruns acajou qui sont autant de minuscules grains d'amidon.

En continuant encore à examiner, toujours en coupes minces, des feuilles plus développées, les chloroplastes ne présentent plus d'amidon, mais par contre ils ont augmenté

de volume. Y aurait-il là une relation de cause à effet ?... Certains auteurs le prétendent.

Enfin, lorsque les chloroplastes sont complètement formés, ils s'éloignent du noyau et se répandent dans le protoplasma.

Les divers stades évolutifs que nous venons de décrire l'ont été aussi par bon nombre d'auteurs et, ce, bien avant GUILLIERMOND. Toutefois, ce dernier a eu le mérite de contrôler ces découvertes déjà anciennes et de confirmer les recherches de LEWITSKY (1) et de PENSA (2) sur l'origine chondriosomique des chloroplastes.

4^e Réversibilité des Chloroplastes. — Après avoir étudié la formation des chloroplastes, nous devons dire un mot de la propriété qu'ils possèdent de faire retour, dans certains cas, à la forme plaste, à la forme chondriosome. Cette réversibilité est du reste fort importante et nous en trouverons un premier exemple dans l'évolution de l'archégone des Cryptogames vasculaires.

On sait que cet archégone dérive d'une cellule épidermique, laquelle se différencie de ses voisines par des grains de chlorophylle relativement plus petits. La cellule qui est destinée à évoluer en oosphère contient, elle aussi, de ces mêmes chloroplastes et, lorsque l'évolution commence, ceux-ci subissent la résorption des grains d'amidon qu'ils renferment. En même temps, les vacuoles du protoplasma se contractent et la masse vivante en profite pour s'augmenter d'autant. Finalement l'oosphère, très jeune à ce moment, présente un noyau volumineux et un cytoplasma avec mitochondries, chondriocontes plus ou moins allongés et petites vésicules. Ces chondriocontes dérivent nettement des chloroplastes préexistants. Par contre, les autres chondriosomes sont d'origine et de rôle inconnus.

L'oosphère continuant à évoluer, les chondriosomes se

(1) LEWITSKY. — *Loc. cit.*, p. 19 du présent mémoire.

(2) PENSA. — *Loc. cit.*, p. 95 du présent mémoire.

tronçonnent tous, sans exception, et finalement le chondriome n'est plus formé que de mitochondries. Dès ce moment il devient impossible de distinguer les chondriosomes, d'origine chloroplastiques, des autres.

Un deuxième exemple de réversibilité nous est encore fourni par l'évolution de l'appareil femelle des Characées. On sait que celui-ci tire son origine d'une foliole différenciée et comporte (fig. 23) un entre-nœud (*S*), un nœud (*n*) et une petite cellule (*s*) supportant une grosse cellule ovale qui n'est autre chose que l'oogone contenant l'oosphère (*O*). Du nœud (*n*) partent cinq cellules allongées recouvrant l'oogone et s'enroulant en spirale autour de lui. Au sommet, les extrémités de ces cinq cellules forment une sorte de rosette (*r*) sur sa partie apicale : une cloison transversale, en effet, isolant dans leur partie supérieure une petite cellule terminale.

Au moment où l'oosphère débute (fig. 24, 1, *O*), les chloroplastes (*cl*) qu'il contient diminuent de taille et les grains d'amidon se résolvent. Ils s'amincissent ensuite de plus en plus et, finalement, ne se distinguent plus des autres chondriosomes (fig. 24, 2, *c*). Nous assistons donc encore là à une régression remarquable des plastes chlorophylliens qui passent ainsi à l'état de chondriosomes indifférenciés.

Mais lorsque les cellules de l'enveloppe commencent à s'enrouler en spirale, le chondriome perd son homogénéité, car certains chondriosomes se transforment en longs chondriocontes (fig. 24, 3, *cc*).

Quelques-uns parmi eux engendrent, dans leur masse, de petites vésicules amylières (fig. 24, 3, *v*), tandis que les

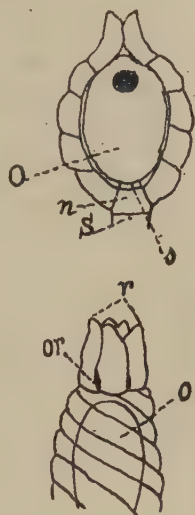


FIG. 23.

Empruntée à BONNIER
et LECLERC DU SABLON
(*Traité de Botanique*).

Oogone de *Chara fragilis*.
or) fente par où péné-
trent les antherozoïdes.

autres sont dans un repos apparent. Toutefois, ces derniers continuent à exister même lorsque l'oosphère a terminé son évolution et se trouvent mélangés aux grains d'amidon (fig. 24,

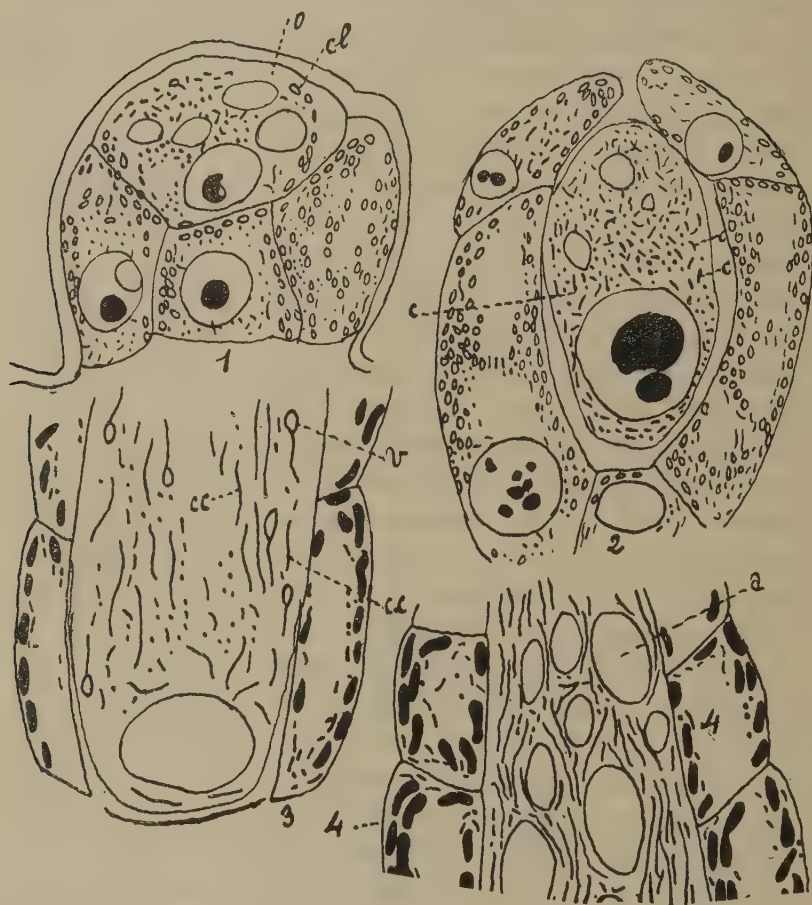


FIG. 24.

Empruntée à MANGENOT.

Premiers stades de développement de l'oögon de *Chara fragilis*.

4, a) provenant de l'individualisation des vésicules amylières des autres chondriocotes.

D'autres exemples de réversibilité pourraient encore nous être fournis par l'évolution des organites mâles des mêmes

plantes. Nous ne les décrirons cependant pas ici, l'étant sous une autre rubrique à la page 131 du présent travail. Nous prions donc le lecteur de s'y reporter.

C. — RÉSUMÉ.

Pour résumer l'étude succincte que nous venons de faire sur la formation des principaux pigments animaux et végétaux, il y a lieu d'envisager chaque Règne en particulier.

Règne animal. — Les pigments de la cellule animale peuvent être classés en exogènes et en endogènes.

Les premiers, d'origine alimentaire ou végétale, se développent en effet en dehors de la cellule animale, puis imprègnent de petits corpuscules qui existent dans sa masse vivante.

Les seconds, au contraire, prennent naissance au sein même de celle-ci et, parmi les plus importants, nous devons citer les pigments ferrugineux et les mélanines.

Les pigments ferrugineux ont une origine globulaire, c'est-à-dire dérivent d'une altération et d'une désagrégation profondes des globules rouges du sang.

Par contre, les mélanines peuvent avoir une triple origine. Ou bien elle est nucléolaire; ou bien elle est paraplastique; ou bien enfin elle est mitochondriale.

Mais cette origine mitochondriale n'est point l'apanage exclusif des mélanines seules. D'autres pigments en effet, tels que ceux qu'on rencontre chez les Crustacés décapodes, par exemple, la partagent aussi. De sorte que, ici encore, le chondriome joue un rôle formateur des plus intéressants.

Cellule végétale. — Comme la cellule animale, la cellule végétale présente des pigments qu'on classe de nos jours, la chlorophylle mise à part, en séries xanthique et anthocyanique.

Pigments xanthiques. — La formation intime des pigments xanthiques est encore inconnue. Mais il n'en est pas de même de leur localisation car depuis les célèbres études de NEGELI,

de SCHIMPER et de COURCHET tout le monde sait qu'ils résident dans le corps même de petits organites que SCHIMPER a désignés sous le nom de plastes et dans lesquels GUILLIERMOND a lui-même vu, dans ces dernières années, des chondriosomes plus ou moins développés.

Cette assimilation étant faite on peut alors reconnaître, conformément aux auteurs précédents et conformément aussi à GUILLIERMOND, trois modes d'apparition des pigments à l'intérieur des plastes ou chondriosomes.

Dans le premier mode, les pigments se montrent sous la forme de fines granulations.

Dans le deuxième mode, le pigment y apparaît avec un aspect cristallin.

Dans le troisième mode enfin il s'y montre à l'état diffus.

Toutefois quelle que soit la forme sous laquelle apparaît le pigment, l'évolution des chromoplastes peut être résumée de la façon suivante :

a) Renflements des chondriocentes, d'où formes en tétard, en haltère, en fuseau, etc.

b) Apparition d'amidon dans ces renflements, lequel disparaît au fur et à mesure que le pigment apparaît.

c) Individualisation ou non des renflements : laquelle, lorsqu'elle a lieu, peut se produire avant ou après l'apparition des pigments.

d) Apparition directe des pigments sous forme de fines granulations, de cristaux, ou à l'état diffus, soit dans des chondriocentes ou plastes grossis, soit dans des plastes devenus d'abord des chloroplastes, lesquels se transforment ensuite en chromoplastes.

Pigments anthocyaniques. — Les pigments de la série anthocyanique sont de couleur rouge, violette ou bleue. Mais à l'encontre des premiers ils ne sont jamais localisés sur des plastes ou leucites ou chondriosomes grossis. Par contre ils affectent la forme de vacuoles qui naissent et se développent au sein même du protoplasma.

GUILLIERMOND leur a tout d'abord reconnu une origine chon-

driomique. Mais les recherches de DANGEARD ont montré dans la suite, d'une manière indiscutable, que ce mode d'origine n'existe pas et que les vacuoles colorées apparaissent dans la masse même de la matière vivante où elles évoluent ensuite plus ou moins longtemps.

Chlorophylle. — Les études effectuées par GUILLIERMOND sur la localisation de la chlorophylle et, partant, sur les chloroplastes sont venus pleinement confirmer ce que de nombreux auteurs avaient déjà observé avant lui, y compris les recherches de LEWITSKY et de PENSA sur l'origine chondriomique des chloroplastes. Toutefois à la suite des études effectuées par l'ensemble de ces auteurs on peut résumer, de nos jours, l'évolution des chloroplastes de la façon suivante :

a) Transformation des chondriocones en bâtonnets courts et trapus.

b) Renglements variés de ces bâtonnets, d'où formes en massue, en haltère, en fuseau.

c) Apparition dans ces renglements de grains d'amidon transitoire.

d) Individualisation des renglements dans le cas des formes en haltère.

e) Augmentation de volume de tous les chondriosomes et apparition dans chacun d'eux d'une coloration jaune-verdâtre passant peu à peu au vert foncé.

f) Accroissement limité des chloroplastes ainsi formés et disparition de l'amidon transitoire.

II^o CORPS GRAS.

Une autre formation qui est commune aux deux Règnes et à laquelle les chondriosomes semblent prendre une part active est celle des corps gras.

Nous allons donc l'étudier dans la cellule animale et la cellule végétale. Puis nous en dégagerons, s'il y a lieu, les stades évolutifs semblables.

A. — CORPS GRAS ANIMAUX.

De 1889 à 1895, ALTMANN (1) avait admis la transformation des granula en corps gras; de même METZNER (2) en 1890, ARNOLD (3) et RUSSO (4) en 1907, M^{lle} LOYEZ (5) en 1909. Celle-ci observa, dans l'œuf des Tuniciers, la transformation intégrale de la mitochondrie en sphérules vitellines. De même VAN der STRICHT (6) en 1909, POLICARD (7) en 1909 et 1912, FIESSINGER (8) en 1909 (ces deux derniers auteurs l'avaient admise en effet pour la formation des enclaves graisseuses de la cellule hépatique). REGAUD (9) en 1910 crut reconnaître aussi une origine mitochondriale aux vésicules lipoides de l'épithélium séminal.

Enfin PRENANT (10) considérait comme mitochondries trans-

(1) ALTMANN. — *Die Elementarorganismen and ihre Beziehungen zu den Zellen*, Leipzig, 1890.

— Ein Beiträge zur Granulalehre (*Verh. d. Anat. gesellsch*, 1892).

(2) METZNER. — Ueber die Beziehungen der Granula zum Fettansatz (*Arch. f. Anat. u. Phys. anat.*, Abt. 1890).

— Beiträge zur Granulalehre I. Kern und Kernteilung (*Arch. f. Anat. und Physiol.*, *Physiol. abt.*, 1894).

(3) ARNOLD. — Plasmosomen, Granula, Mitochondrien, Chondriomiten und Netzfiguren (*Anat. Anz.*, Bd. XXXI, 1907).

(4) RUSSO. — Sull'origine dei Mitochondrii e sulla formazione del deutoplasma nell'ooite di alcuni Mammiferi (*Rend. C. Acc. Lincei*, vol. XVI, ser. V, 1907).

— I mitochondri ed i globuli vitellini dell'ooite di coniglia allo stato normale ed in condizioni sperimentali (*Atti dell'Accademia Gioenia di scienze natur.*, vol. II, 5^{me} série).

(5) M^{lle} LOYEZ. — Les premiers stades de la vitellogénèse chez quelques Tuniciers (*Assoc. anatom. Nancy*, 1909).

— Sur la formation de la graisse dans l'ooocyte d'un Saurien (*C. R. Soc. Biol.*, t. LXVI, 1909).

— Le corps vitellin de l'ooocyte de *Pyrrhocoris apterus* (*Arch. d'anat. microsc.*, t. X, 1909).

(6) VAN der STRICHT. — La structure de l'œuf des Mammifères (*Mém. Acad. roy. Belgique. Classe des Sciences*, 1909).

(7) POLICARD. — Sur la structure des mitochondries (*C. R. Soc. Biol.*, 1909).

— Attitude fonctionnelle du chondriome de la cellule hépatique (*Soc. Biol.*, 1912).

(8) FIESSINGER. — Contribution à l'étude des dégénérescences de la cellule hépatique au cours de certaines intoxications brutales chez les Batraciens (*Soc. de Biol.*, 1909).

(9) REGAUD. — Étude sur la structure des tubes séminifères et sur la spermatogénèse chez les Mammifères (*Arch. d'anat. microsc.*, 1910).

(10) PRENANT.

formées toutes les gouttelettes graisseuses observées par lui dans les cellules hépatiques des Amphibiens.

Le chondriome était donc soupçonné, depuis longtemps déjà, de jouer chez les animaux un rôle fort important dans la formation des graisses.

Mais c'est surtout grâce aux intéressantes recherches de G. DUBREUIL (1) que la question a été définitivement résolue. Aussi allons-nous résumer, ici-même, ces études si consciencieusement effectuées et dont l'intérêt ne peut échapper à personne.

Toute cellule adipeuse dérive d'une cellule connective pourvue de mitochondries et de chondriocontes occupant le corps cellulaire et ses prolongements. Des vacuoles claires sont visibles dans le protoplasma et marquent le début de cette transformation. Toutefois, dans cette cellule, le chondriome atteint un développement inusité. Il est de plus surtout constitué de mitochondries; les chondriocontes au contraire y étant rares, courts et trapus.

« Au fur et à mesure que se rétractent les prolongements anastomotiques de la cellule connective et que celle-ci tend vers la forme sphérique, les mitochondries deviennent de plus en plus abondantes au point de remplir presque complètement le corps cellulaire, ne laissant libres que les vacuoles de graisse déjà formées. »

Celles-ci « sont peu nombreuses et de petite taille. Leur nombre augmente peu car elles confluent les unes dans les autres et la forme sphérique est bientôt atteinte; au bout de peu de temps il y a deux, trois ou quatre grosses vacuoles centrales entourées d'une couche de protoplasma... » (fig. 25).

Mais « pour probable » que soit l'évolution des éléments du chondriome en graisse faut-il encore la mettre en évidence. Or c'est ce qu'a fait G. DUBREUIL. Il lui a été loisible en effet, « d'observer des chondriosomes qui se terminent par une

(1) G. DUBREUIL. — Vacuoles à lipoïdes des ostéoblastes, des cellules osseuses et des ostéoclastes (*C. R. Soc. Biol.*, t. LXIX, 1910).

— Les mitochondries des cellules adipeuses (*C. R. Soc. Biol.*, t. LXX, 1911).

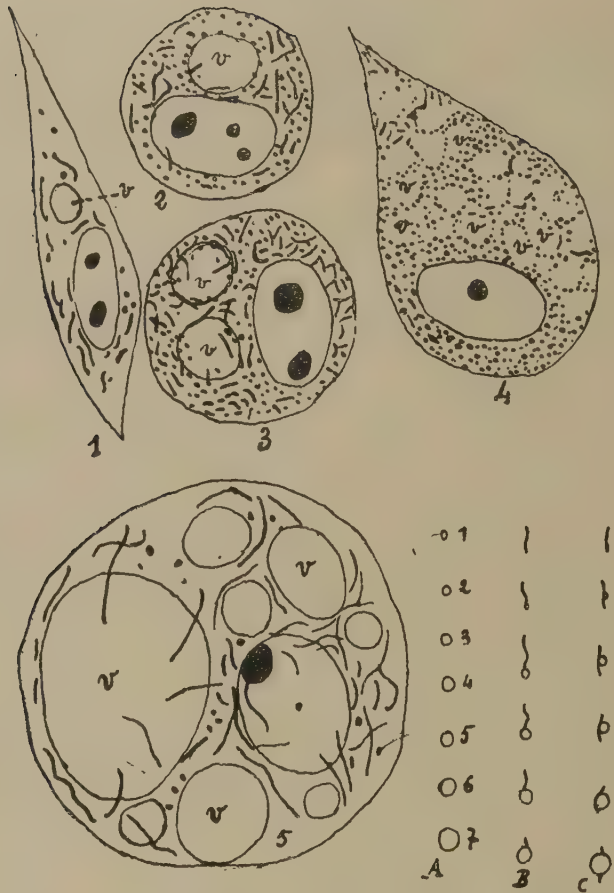


FIG. 25.

Empruntée à G. DUBREUIL.

1. Cellule connective fixe avec une vacuole de graisse (v). — 2 et 3. Cellules adipeuses tout à fait au début de leur évolution ; elles possèdent l'une (2) une vacuole, l'autre (3) deux vacuoles graisseuses et un chondriome abondant, surtout mitochondrial. — 4. Cellules jeunes avec des mitochondries très nombreuses et de très nombreuses vacuoles de graisse (v). — 5. Vacuoles de graisse (v) très développées et chondriome des plus réduits ; mitochondries très rares ; quelques chondriocentres. — A. Mitochondrie se transformant en vésicule graisseuse. — B et C. Chondriocentres faisant de même (les numéros 1, 2, 3, etc., indiquent des stades de plus en plus avancés et sont communs aux trois séries A, B et C).

petite vésicule à centre clair, à paroi colorée, leur donnant un peu l'aspect de bacilles sporulés. D'autres fois c'est sur le

milieu d'un chondrioconte court que la vésicule s'est développée. Si elle lui était tangente (ce qui lui arrive parfois) on pourrait avoir des doutes, mais elle est parfaitement traversée suivant un diamètre par le prolongement idéal des portions du chondrioconte qui subsistent. Il est impossible de ne pas conclure : les chondriocontes peuvent donner naissance à des vésicules dont les parois ont les mêmes réactions qu'eux-mêmes, sont situées soit à leurs extrémités, soit sur leur trajet et sont en continuité de substance avec eux. »

G. DUBREUIL ajoute encore :

« Je dois faire remarquer que je n'ai jamais observé le phénomène sur de longs chondriocontes. A ce moment il est certain que ce sont les mitochondries qui font les frais de l'édification graisseuse ; les chondriocontes n'y participent qu'après être revenus à l'état de chondriocontes courts et de mitochondries.

« Il reste à conclure de la vésicule lipoïde dite « vacuole à lipoïde » à la vésicule adipeuse. La teinte de plus en plus faible des grandes vacuoles à lipoïde au fur et à mesure de leur accroissement, leur taille identique, permettent de franchir ce pas sans un saut trop brusque. Je ne puis donner de démonstration cruciale du fait ; mais raisonnant par analogie avec ce qui se passe ailleurs, n'est-il pas logique de croire que les choses se passent ainsi. »... « Ceci nous amène à conclure que le chondriome se transforme directement en graisse. »... « Sous quelle forme le chondriome prend-il dans le cytoplasma les éléments nécessaires à la formation des graisses ? C'est une question que la microchimie ne nous permet pas de résoudre actuellement. Il semble toutefois rationnel de supposer que la mitochondrie ou le chondrioconte sélectionnent des matériaux dont ils font probablement la synthèse sous forme de graisse ; car il est impossible de saisir le passage, au voisinage de la cellule, de corps gras, de lipoïdes ou de savon. »

Peu après que G. DUBREUIL a eu formulé l'opinion de la transformation des mitochondries en graisse véritable, elle a

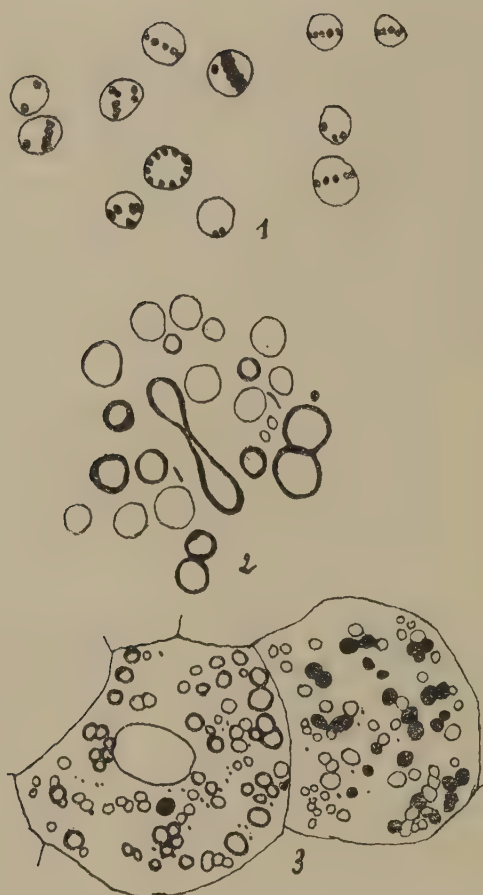


FIG. 26.

Empruntée à NOEL.

1. Premier stade de la condensation de très fines particules osmio-réductrices à la surface de mitochondries. — 2. Chondriocontes et mitochondries cerclés d'une couche osmio-réductrice. — 3. Vue d'ensemble.

reçu la confirmation et l'approbation de quelques auteurs, tels que REGAUD (1) (1911), ATHIAS (2) (1911) et d'AGATA (3) (1911).

ATHIAS, entre autres, en faisant agir sur les cellules interstitielles de l'ovaire des Chéiroptères la méthode de BENDA, est arrivé à localiser le globule adipeux noirci par l'acide osmique au sein d'une vésicule mitochondriale teinte en violet.

Cependant, NOEL (4) a montré que les globules graisseux du foie ont une tout autre évolution (fig. 26).

Il a pu observer en effet « que la

(1) REGAUD. — Les mitochondries, organites du protoplasma considérés comme les agents de la fonction éctectique et pharmacopexique des cellules (*Livre jubilaire du Prof. Lépine, Revue de Médecine*, 1911).

(2) ATHIAS. — Le chondriome des cellules interstitielles de l'ovaire de Chauve-souris (*Bull. Soc. portugaise des Sc. nat.*, t. V, fasc. II, 1911).

(3) D'AGATA. — *Perturbazione del metabolismo cellulare dei grassi « Sulla cosiddetta degenerazione e infiltrazione grassa »* (Pavie. Mattei, Speroni & C^{ie}, édit., 1911).

(4) NOEL. — *Loc. cit.*, p. 7 du présent travail.

graisse neutre se dépose sous forme de très fines granulations osmio-réductrices à la surface, et non plus à l'intérieur des chondriosomes ». Et il ajoute : « Ceci nous amène à penser que les grains à coque observés dans la cellule hépatique ne représentent peut-être pas une élaboration lipóide si dans le foie celle-ci est préliminaire, obligatoire de l'apparition de la graisse neutre. On peut nous objecter qu'il peut y avoir production concomitante de lipóides et de graisse neutre, celle-ci s'effectuant à la surface des chondriocontes, celle-là dans leur intérieur. Etant donnée la grande complexité du processus dont la cellule hépatique est le siège, on n'ose se prononcer d'une façon définitive. Force est de laisser subsister le doute, que des recherches ultérieures réussiront à éclaircir. »

B. — CORPS GRAS VÉGÉTAUX.

Les corpuscules graisseux de la cellule végétale, lorsqu'on l'examine à divers âges, peuvent avoir une existence passagère ou définitive.

Dans le premier cas celle-ci est sous l'étroite dépendance du chondriome. Dans l'autre au contraire elle peut y être soustraite entièrement.

C'est du reste ce que l'exposé suivant va nous permettre d'établir.

1^o *Corpuscules gras transitoires naissant dans les chondriosomes.* — Quand on examine les cellules épidermiques de pétale de Tulipe jaune on constate que des globules de corps gras apparaissent au sein même des chondriocontes au moment où les chondriosomes élaborent le pigment xanthophyllien. Ils deviennent ensuite de plus en plus nombreux et lorsque la fleur est entièrement ouverte les chondriocontes, chargés de pigment, sont en même temps bourrés de globules graisseux.

Dans l'*Iris germanica* l'évolution des globules gras est beaucoup plus compliquée. Prenons en effet une très jeune

fleur, de quelques millimètres seulement de longueur et, partant, parfaitement incolore; puis examinons ses pétales, voire même ses bractées. On constatera très facilement dans ces conditions, sur le vivant même, de tout petits globules gras au sein des chondriocotes. Durant les premiers stades du développement floral leur nombre augmente ainsi que leur dimension. Le plus souvent ils sont disséminés sur tout le trajet des chondriocotes qui, grâce à leur présence, deviennent plus épais. Mais d'autres fois ils s'accumulent dans des renflements formés au sein des chondriosomes qui prennent, dans ces conditions, un aspect moniliforme.

Tant que les chondriosomes forment de l'amidon transitoire et de la xanthophylle les globules gras ne changent pas de volume. Mais sitôt que les mêmes chondriosomes deviennent des chromoplastes, les globules diminuent d'importance et disparaissent complètement lorsque l'évolution des plastes est achevée. Dans les cellules du mésophylle les corps gras se résorbent encore pendant la formation des chloroplastes.

Dans les cellules nourricières des grains de pollen on rencontre aussi une abondance extraordinaire de globules gras ayant des chondriosomes pour origine. Le chondriome de ces cellules en effet est constitué de longs chondriocotes allongés et ramifiés, n'élaborant pas d'amidon mais se chargeant à outrance de globules gras. Ces derniers apparaissent encore ici sous la forme de renflements plus ou moins nombreux qui se séparent ensuite les uns des autres en autant de gros plastes remplis de globules gras. Puis ils continuent à exister ainsi, au sein même de la cellule, jusqu'au moment où les grains de pollen les absorbent.

Les corpuscules gras transitoires qui se forment de cette manière aux dépens du chondriome se rencontrent dans un très grand nombre de Phanérogames et principalement chez les Monocotylédones. Par contre ils sont beaucoup moins répandus chez les Dicotylédones où ils peuvent même faire totalement défaut.

2° *Corpuscules gras définitifs naissant de chondriosomes.* — Lorsque les plastes sont frappés de dégénérescence, des corps gras apparaissent dans leur masse qui les transforment en autant de corpuscules réfringents et sensibles à l'acide osmique. De plus ces corpuscules gras sont définitifs.

Mais la dégénérescence des plastes, colorés ou non, n'est pas toujours nécessaire pour que ceux-ci se transforment en corpuscules gras définitifs. C'est ainsi que dans les siphons de *Vaucheria*, par exemple, on distingue une grande quantité de globules incolores, de taille variable, apparaissant au sein des chloroplastes comme autant de petits points brillants. Ces globules grossissent et forment, dans chaque cellule, une goutte qui reste longtemps appendue au chromatophore. Puis, finalement, elle s'en isole. Or MANGENOT (1) a montré, par la méthode de DIETRICH laquelle, d'après lui, colore électivement les lipoides, que ces globules sont formés d'une graisse neutre mélangée à une certaine quantité de graisse phosphorée.

3° *Corpuscules gras définitifs ayant une origine indépendante du chondriome.* — Mais à côté des corps gras naissant dans des chondriosomes il en existe d'autres qui n'ont aucune relation génétique avec eux. C'est par exemple le cas des corpuscules huileux de la graine de Ricin qui, suivant MOTTIER (2), se formeraient au sein de mitochondries spécialisées dans ce sens.

Or GUILLIERMOND en se plaçant dans les mêmes conditions que MOTTIER a pu observer le processus évolutif de l'huile qu'elle contient. Il a vu que ce corps gras apparaît brusquement sous forme d'un très grand nombre de petites granulations osmio-réductrices. Puis celles-ci grossissent et se

(1) MANGENOT. — *Loc. cit.*, p. 19 du présent mémoire.

(2) MOTTIER. — Chondriosomes and the primordia of chloroplasts and leucoplasts (*Ann. ol. Botany*, vol. XXXII, 1918).

— Plastids (*Proceedings of National Academy of Science*, 1918).

— On certain plastids with special reference to the protein bodies of *Zea*, *Ricinus* and *Conopholis* (*Ann. of Botany*, vol. XXXV, 1921).

fusionnent en grosse masse. De plus si les coupes sont excessivement minces on distingue à la fois le chondriome et les gouttelettes huileuses. Enfin on remarque encore qu'il n'existe aucun rapport topographique entre celles-ci et les chondriosomes. Cet exemple semblerait donc montrer qu'il peut y avoir, dans les cellules, des corpuscules gras n'ayant aucune relation génétique avec le chondriome.

4^e *Nature des corps gras définitifs des plastes.* — Les corpuscules gras résultant de la dégénérescence des plastes ont été aperçus, depuis bien longtemps déjà, pour la première fois par NÆGELI (1), GODLEWSKI (2), ARTHUR MEYER (3), W. SCHIMPER (4), ZIMMERMANN (5) et bien d'autres encore. Tout récemment BUSCALIONI (6) les a étudiés d'une façon spéciale.

Mais aucun de ces auteurs ne s'est prononcé sur leur vraie nature chimique.

A. MEYER a cependant admis que ce ne pouvait être de vraies graisses, puisque solubles dans l'acide acétique lequel ne dissout pas celles-ci.

BUSCALIONI les considère comme des substances lipoides.

-
- (1) NÆGELI. — Pflanzenphysiologie Untersuchungen, 1858.
— Die Stärkekörner (*Zeitschr. f. wiss. Bot. Heft.*, III et IV, 1858).
— Das Wachstum der Stärkekörner (*Ibid.*).
(2) GODLEWSKI. — *Flora*, 1887.
(3) MEYER (Arthur). — Das Chlorophyllkorn in chemischer, morphologischer Beziehung, Leipzig, 1883.
— Ueber die Chondriosomen in pflanzenlichen Zellen (*Ber. d. Deutsch. Bot. Ges.*, 1911).
— Ueber die Struktur der Stärkekörner (*Bot. Ztg.*, 1881).
(4) W. SCHIMPER. — Unters. ü. die Entstehung der Stärkekörner (*Bot. Ztg.*, 1880).
— Unters. ü. das Wachstum der Stärkekörner (*Bot. Ztg.*, 1881).
— Unters. ü. die Entwicklung der Chlorophyllkörner und Farbkörner (*Bot. Zeit.*, 1883).
— Unters. ü. die Chlorophyllkörner u. die ihnen homol. Gebilde (*Jahrb. f. wissen Bot.* 1885).
— Sur l'amidon et les leucites (*Ann. Sc. nat. Bot.*, 1887).
(5) ZIMMERMANN. — Beiträge zur Morph. und Physiol. der Pflanzenzellen (1890-1893).
— *Die Botanische Mikrotechnik*, Tübingen, 1892.
(6) BUSCALIONI. — Sui lipoidi nei chloroplasti e nei cromoplasti (*Bolletino dell'Accademia Gioenia di Sc. nat. in Catania*, 1912).

Enfin GUILLIERMOND durant ses recherches a remarqué leur brunissement au contact de l'acide osmique : leur coloration par le Soudan III, par la teinture d'Alkana et leur dissolution par les solvants des graisses.

Comme on le voit les avis sont partagés. Cependant il y aurait intérêt à préciser la nature de ces substances et à savoir si ce sont des graisses proprement dites ou des léci-thines lesquelles, on le sait, réduisent aussi l'acide osmique.

Toutefois quelle que soit la nature de ces corpuscules gras, il n'en est pas moins vrai que leur existence, au sein des chondriocotes, permet de les considérer comme le résultat d'une sélection ou d'un chimisme particulier, voire même des deux à la fois, effectués par les chondriocotes.

5° *Signification et rôle des corps gras.* — Les corps gras qu'on rencontre dans les chondriosomes, au moment de leur transformation en chromo, chloroplastes et ceux qui se trouvent ensuite dans les plastes dégénérés ne sauraient avoir la même signification. Les premiers semblent en effet prendre part à une fonction créatrice ; les autres, au contraire, paraissent être une preuve de cessation, dans les plastes, de toute fonction biologique. Cependant le rôle créateur des premiers n'est pas si facile à montrer qu'on le pensé. Quand on examine en effet des chondriocotes lipogènes on constate que les corpuscules gras sont toujours les premiers élaborés et que leur différenciation précède toute autre formation au sein de ces chondriocotes. Il vient donc de suite à l'idée que ces corpuscules gras pourraient peut-être servir à la formation de l'amidon transitoire, par exemple, et des pigments.

Du reste BUSCALIONI attribue aux globules graisseux le pouvoir de fixer l'oxygène de l'assimilation chlorophyllienne et de produire ensuite des pigments carotiniens et xanthophylliens.

Mais les recherches de GUILLIERMOND ne permettent pas de retenir cette hypothèse car il a vu des fleurs et des fruits élaborer de la carotène et de la xanthophylle à l'aide de

chondriosomes qui ne contenaient de corpuscules grasseux à aucun moment de leur évolution.

BUSCALONI pense encore que ces corpuscules gras pourraient être un produit transitoire de l'assimilation chlorophyllienne, lequel se transformerait ensuite en amidon. On sait en effet que quelques Monocotylédones et certaines Algues présentent des chloroplastes qui n'engendrent jamais cet hydrate de carbone mais qui, par contre, possèdent des corps gras. Dans ces conditions ceux-ci sembleraient bien être le produit de l'assimilation chlorophyllienne. Seulement si l'on étudie la fleur d'Iris on reconnaît l'existence de corps gras à l'intérieur de chondriocontes appartenant à des cellules totalement dépourvues de chlorophylle et à un stade où les tissus chlorophylliens eux-mêmes n'en possèdent pas encore. On ne saurait donc subordonner l'existence des corps gras à celle du pigment chlorophyllien et on ne saurait, encore mieux, faire dériver ceux-là de celui-ci.

Il ne peut pas non plus être question de soupçonner les corpuscules gras primitifs des chondriocontes de concourir à la formation de l'amidon transitoire.

En effet les expériences de LECLERC DU SABLON (1) sur le Ricin ont montré que les graisses oxydées par l'oxygène de la respiration des plantes, peuvent engendrer des hydrates de carbone et, plus particulièrement, un sucre que cet auteur range dans la catégorie des saccharoses.

D'après cela il paraîtrait rationnel d'admettre que les graisses des chondriocontes se transforment aussi en un hydrate de carbone qui, en l'espèce, est l'amidon. Mais malheureusement les faits d'observation ne justifient pas cette hypothèse car les corpuscules gras des chondriocontes semblent conserver intégralement leur volume pendant la formation de l'amidon transitoire. Ils ne commencent à disparaître peu à peu en effet que lorsque cette formation est terminée.

(1) LECLERC DU SABLON. — Recherches sur la germination des graines oléagineuses (*Rev. générale de Bot.*, 1895).

Comme on le voit il est bien difficile de se prononcer sur le rôle de ces corpuscules gras primitifs qui apparaissent, avant toute autre formation, dans les chondriosomes. Cependant il n'est pas impossible que ces corpuscules, formés de lipoïdes ou d'un mélange de lipoïdes ou de graisses neutres, correspondent aux lécithines dont la fréquence dans les feuilles et les fleurs a été révélée par les travaux de STOGLASA (1). Dans ces conditions le rôle de ces corpuscules serait essentiellement nutritif.

C. — RÉSUMÉ.

Il résulte de ce qui précède que les chondriosomes prennent part à la formation des corps gras. Mais quelle est cette part ? « C'est une question que la microchimie ne nous permet pas de résoudre actuellement. »

Toutefois en ce qui concerne le Règne animal et en se basant sur les importantes recherches de G. DUBREUIL on peut résumer de la façon suivante l'apparition des graisses au sein des chondriosomes.

a) Production hâtive, dans les chondriocontes courts, de renflements vésiculaires : d'où les formes en tétard, en fuseau. Cette même production se fait aussi dans les mitochondries.

b) Formation d'une vacuole lipoïde.

c) Transformation de la vacuole lipoïde en vésicule adipeuse.

En ce qui concerne le Règne végétal l'étude que nous avons faite sur la formation des corps gras nous permet de les classer en transitoires et en définitifs. Toutefois, dans ce dernier cas, ils peuvent avoir une origine indépendante ou dépendante du chondriome.

Corpuscules gras transitoires. — De tels corpuscules apparaissent au sein même des chondriocontes au moment où ceux-ci élaborent par exemple le pigment xanthophyllien, ou

(1) STOGLASA. — Ueber die Verbreitung und physiologische Bedeutung des Lecithins in der Pflanze (*Stützungsberichte der Kaiserl. Akad. der. Wissen. in Wien. Math. naturw. classe*, 1896).

bien encore, de l'amidon transitoire. Mais sitôt que la transformation du chondrioconte en chromoplaste débute, les corpuscules graisseux diminuent d'importance et disparaissent complètement lorsque l'évolution des chromoplastes est achevée.

L'apparition de ces corpuscules à l'intérieur des chondriocontes se fait du reste comme pour le Règne animal. Nous n'y reviendrons par conséquent pas.

Corpuscules gras définitifs naissant aux dépens du chondriome. — Tout plaste frappé de dégénérescence laisse apparaître, dans sa masse, des corps gras. Toutefois la dégénérescence n'est pas toujours utile puisque dans les siphons de *Vaucheria* on peut voir au sein des chloroplastes, normalement développés et vivants, de petits points brillants qui sont autant de corpuscules graisseux.

Corpuscules gras définitifs indépendants du chondriome. — De tels corpuscules existent, par exemple, dans la graine de Ricin. Ici en effet ils apparaissent brusquement, dans la masse même du protoplasma, sous forme d'une infinité de sphérules qui se fusionnent ensuite entre elles pour engendrer des corpuscules adipeux plus ou moins volumineux.

CHAPITRE VI

Du rôle des Chondriosomes dans la formation des organites de la reproduction.

Nous venons de passer en revue le rôle du chondriome dans la formation de corps existant à la fois dans les deux Règnes.

Il nous faut maintenant montrer celui qu'il joue dans l'édification des organites de la reproduction. Toutefois, au début même de ce nouveau chapitre, nous devons faire une remarque importante.

Après avoir en effet compulsé les travaux se rapportant à cette partie de notre sujet nous avons pu reconnaître que dans la gamétogénèse mâle des deux Règnes, les mitochondries se comportaient parfois de la même façon. A l'image de ce qui se passe par exemple pour la queue de bon nombre de spermatozoïdes, les mitochondries se disposent en spirale dans le corps des anthérozoïdes de certaines Cryptogames et forment chez d'autres un Nebenkern ou idiozome, lequel peut encore ici rester dans le corps même de l'organite ou bien en être chassé.

Par contre il ne nous a pas été possible, à propos de la gamétogénèse femelle, d'apercevoir une correspondance de même sens. Et malgré la parfaite identité de forme des ovules animaux et des oosphères végétaux nous n'avons pu reconnaître chez ces derniers par exemple l'existence d'un Dötkern engendrant un vitellus comme il en produit un dans les cellules animales.

Devant cette absence, peut-être simplement apparente, de formations analogues dans la gamétogénèse femelle des deux Règnes, force nous a été, étant donné le titre de notre travail, de nous en tenir seulement ici au rôle que jouent les chondriosomes dans la formation des organites mâles de la reproduction. De ce fait nous avons été amené à laisser de côté, du moins pour le moment, la gamétogénèse femelle ainsi que la sporogénèse : ce dernier mode de reproduction étant surtout l'apanage du Règne végétal.

A. — GAMÉTOGÉNÈSE MALE ANIMALE.

C'est par la gamétogénèse mâle animale que nous commencerons cette étude. Toutefois nous remarquerons tout d'abord qu'il existe des spermatozoïdes sans Nebenkern et des spermatozoïdes avec Nebenkern. Nous remarquerons encore que ces gamètes peuvent présenter ou non un flagellum.

A) *Spermatozoïdes sans Nebenkern.*

Ceci dit étudions les spermatozoïdes sans Nebenkern.

1^o *Avec flagellum.* — C'est BENDA (1) qui a, le premier, reconnu l'existence de mitochondries non déformées dans le segment moyen des spermatocytes et des spermatides de la Souris et du Rat. Il a de plus remarqué que, chez les spermatozoïdes résultant de ces spermatides les mitochondries se disposaient en filaments excessivement serrés. Enfin élargissant le champ de ses recherches il a revu de tels filaments chez *Phalangister*, *Scule mus*, *Tropidonotus*, *Raja*, *Cyprinus*, etc., etc.

Ces mitochondries qu'on trouve ainsi dans la spermatide ne se présentent pas constamment en nombre égal durant son évolution.

En effet lorsque la spermatide s'allonge ce nombre augmente,

(1) BENDA. — *Loc. cit.*, p. 9 du présent mémoire.

d'où un volume moindre des chondriosomes. Puis lorsque la spermatide achève de se former ces mitochondries se pressent tout autour du filament axial et, finalement, s'y disposent en spirale serrée.

BONNEVIE (1) a suivi l'évolution de la queue du spermatozoïde dans l'*Enteroxenos östergreni*. A ce propos il a vu tout d'abord, dans les spermatocytes de premier ordre, des mitochondries disposées en amas autour de deux centrosomes (fig. 27, 1, M, etc.), augmenter de nombre. Il a de plus constaté que le centrosome distal donnait naissance au filament caudal tandis que le centrosome proximal se divisait. Lorsque cette division était accomplie, la cellule était en possession d'un noyau (fig. 27, N), d'un reste fusorial (fig. 27, 2, A) formant l'acrosome, d'îlots de mitochondries (fig. 27, 2, M), d'un filament caudal (fig. 27, 2, G) et de deux petits centrosomes provenant de la division du centrosome proximal.

A un stade plus avancé (fig. 27, 3) BONNEVIE a vu l'acrosome prendre sa place définitive, les mitochondries se disposer tout

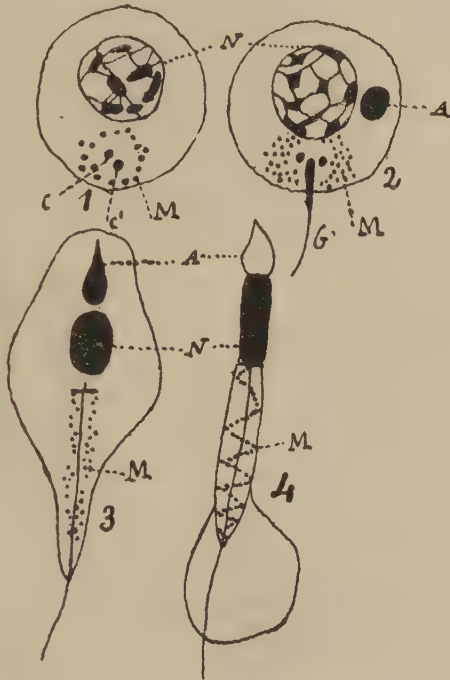


FIG. 27.

Empruntée à BONNEVIE.

Quatre stades de la formation du spermatozoïde d'*Enteroxenos*.

(1) BONNEVIE. — Zur Kenntnis der Spermoigenese bei den Gastropoden *Enteroxenos östergreni* (*Biol. Centralbl.*, Bd. XXIV, 1904).

autour du filament et le protoplasma envelopper sur une plus grande longueur le filament caudal.

Enfin à un stade plus avancé encore (fig. 27, 4) le même



FIG. 28.

Empruntée à KOLTZOFF.

Quatre stades de la formation du spermatozoïde de *Pagurus striatus*.

auteur a assisté à l'individualisation complète du flagellum. A ce moment les mitochondries (fig. 27, 4, M) présentaient une disposition nettement en spirale tout autour du filament axial.

2^e *Sans flagellum*. — KOLTZOFF (1) a étudié le développement des spermatozoïdes chez *Pagurus striatus*, *Homarus vulgaris*, etc., etc. Il a remarqué d'abord dans le protoplasma des spermatocytes de second ordre de *Pagurus striatus* (fig. 28, 1) un grand nombre de granulations (G) assez volumineuses, régulières, faiblement colorables, entre lesquelles se trouvaient de très nombreuses mitochondries (fig. 28, 1, M). Ces granulations se fusionnaient ensuite dans la spermatide (fig. 28, 2) et engendraient l'ébauche de la capsule (fig. 28, 2, cap), laquelle occupait excentriquement plus de la moitié de la cellule.

A ce moment les mitochondries étaient réparties sur les côtés et entre le noyau (fig. 28, 2, N) et la capsule (fig. 28, 2, cap). A un stade plus avancé (fig. 28, 3), la spermatide présentait trois segments placés bout à bout : la capsule (fig. 28, 3, cap) très volumineuse, une courte région cytoplasmique (fig. 28, 3, P) et le noyau (fig. 28, 3, N). Toutefois la capsule, empiétant en l sur le domaine de la courte région cytoplasmique, semblait ainsi la diviser en deux cavités (fig. 28, 3, a et b) dans lesquelles se trouvaient localisées les mitochondries (fig. 28, 3, M).

Enfin les stades évolutifs de la spermatide continuant à se produire celle-ci offrait à un moment donné (fig. 28, 4), un noyau (fig. 28, 4, N) très fortement allongé et trois prolongements cytoplasmiques (fig. 28, 4, A) à la base desquels restaient localisées les mitochondries (fig. 28, 4, M).

Le même cycle évolutif a été encore constaté par le même auteur chez *Homarus vulgaris*. Toutefois chez cet animal les mitochondries au lieu de conserver leur forme caractéristique, s'allongeaient et formaient de véritables filaments (fig. 29, F) pénétrant à l'intérieur des prolongements cytoplasmiques (fig. 29, A).

(1) KOLTZOFF. — Studien über die Gestalt der Zelle. I. Untersuchungen über die Spermien der Decapoden als Entleerung in das Problem der Zellengestalt (*Arch. f. mikrock. Anat.*, Bd. LXVII).

B) *Spermatozoïdes avec Nebenkern.*

Chez un très grand nombre d'Insectes, chez les Vers, les Echinodermes, les Cœlentérés, etc., etc., les mitochondries, durant l'évolution de la spermatide en spermatozoïde, se groupent toutes à un moment donné pour former un élément défini auquel on donne le nom de Nebenkern.

C'est LA VALETTE SAINT GEORGES (1) qui, en 1867, fut le premier à apercevoir celui-ci. Etudiant en effet les sperma-



FIG. 29.

Empruntée à KOLTZOFF.

Deux stades de la formation du spermatozoïde d'*Homarus vulgaris*.

tides du Cobaye et de quelques Mollusques il y décéla un noyau accessoire qu'il nomma « corpuscule brillant ». De plus il lui attribua le rôle de former la tête de l'élément mâle.

Un an plus tard METCHNIKOFF (2) reconnut son existence dans les cellules spermatiques des Mol-

lusques et, en 1869, BALBIANI (3) en étudiant la spermatogénèse des Pucerons, le rencontra de nouveau. Il lui donna le nom de « corpuscule céphalique » parce que le soupçonant de former la tête du spermatozoïde.

En 1871, BÜTSCHLI (4) retrouva le même élément chez les Coléoptères et les Orthoptères et lui donna le nom de « Neben

(1) LA VALETTE SAINT GEORGES. — Ueber die Genese der Samenkörper. Zweite Mittheilung (*Arch. f. mikr. Anat.*, Bd. III, 1867).

(2) METCHNIKOFF. — Recherches sur la Spermatogénèse (*Arb. Versamml. Russ. Nat. Abth. Anat. Physiol.*, 1867).

(3) BALBIANI. — Mémoire sur la génération des Aphides (*Ann. d. Sc. Nat. Zool.*, t. XI, 1869).

(4) BÜTSCHLI. — Vorläufige mittheilung ueber Bau und Entwicklung der Samen-faden bei Insekten und Crustaceen (*Zeitsch. f. wiss. Zool.*, Bd. XXI, 1871).

kern » pour bien spécifier son voisinage avec le noyau proprement dit.

En 1884 MERKEL (1), à la suite de ses recherches sur la cellule testiculaire des Vertébrés, fut amené à penser que cet élément devait simplement former la pointe de la tête.

Mais GROBBEN (2), en 1878, et MATHIAS DUVAL (3), en 1879, admirent l'opinion de BALBIANI.

Cependant malgré les recherches et les opinions des auteurs précédents, GILSON (4), en 1884, décrivit le Nebenkern comme un corps sans importance. Il vit en lui « une particularité accidentelle » de la cellule ne prenant « aucune part » à la formation du spermatozoïde et traita d'illusions, les observations de LA VALETTE et de BÜTSCHLI.

La même année, NUSSBAUM (5) retrouva le Nebenkern dans les spermatocytes d'*Helix pomatia* et CARNOY (6) l'observa chez les Arthropodes sans rien dire de sa constitution.

En 1886, PLATNER (7), en étudiant la spermatogénèse

(1) MERKEL. — Erstes Entwicklungsstadium der Spermatozoiden (*Untersuchung aus. dem. Anat. Institut zu Rostock.*, 1874).

(2) GROBBEN. — Beiträge zur Kenntniss der männlichen Geschlechtsorgane der Decapoden, Wien, 1878.

(3) MATHIAS DUVAL. — Etudes sur la spermatogénèse chez la Paludine vivipare (*Rev. Sc. nat. Montpellier*, VII, 1879).

(4) GILSON. — Etude comparée de la Spermatogénèse chez les Arthropodes (*La Cellule*, t. I, 1884-85).

(5) NUSSBAUM. — Ueber die Veränderungen der Geschlechtsprodukte bis zur Tifurchung, ein Beitrag zur Lehre der Vererbung (*Arch. f. mikr. Anat.*, Bd. XXIII, 1884-85).

(6) CARNOY. — La Cytodiérèse chez les Arthropodes (*La Cellule*, I, fasc. 2, 1883).
— La vésicule germinative et les globules polaires de l'*Ascaris megalocephala* (*Ibid.*, II, f. 1, 1886).

— La Cytodiérèse de l'œuf. La vésicule germinative et les globules polaires chez divers Nématodes (*Ibid.*, III, f. 1).

(7) PLATNER. — Ueber die Spermatogénèse bei den Pulmonaten (*Arch. f. mikr. Anat.*, Bd. XXV, 1885).

— Zur Bildung der Geschlechtsprodukte bei den Pulmonaten (*Arch. f. mikr. Anat.*, Bd. XXVI, 1886).

— Ueber die Entstehung des Nebenkerns und seine Beziehung zur Kerntheilung (*Arch. f. mikr. Anat.*, Bd. XXVI, 1886).

— Die Karyokinese bei den Lepidopteren als Grundlage für eine Theorie der Zelltheilung (*Inter. Monatsschr. f. Anat. u. Physiol.*, Bd. III, 1880).

d'*Hélix* et d'*Arion* aperçut lui aussi le Nebenkern et lui donna le nom de « noyau accessoire ». Il reconnut en outre qu'il comportait des bâtonnets. Cette observation le porta à penser que le Nebenkern pouvait peut-être provenir du fuseau achromatique.

En 1887, PRENANT (1), après avoir étudié le noyau accessoire dans la Scolopendre soutint que celui-ci se développait aux dépens de microsomes particuliers provenant eux-mêmes du fuseau de la division. De plus il le soupçonna de jouer un rôle dans la formation de l'enveloppe spiralée de la queue du spermatozoïde.

Onze années plus tard le même auteur (2), reprenant de nouveau l'étude du Nebenkern, fut amené à modifier son opinion sur son origine. Il affirma cette fois en effet que les bâtonnets du noyau accessoire provenaient bien de l'épaississement de filaments cytoplasmiques granuleux dont est formé le protoplasma.

En 1899 BENDA (3) colora électivement les filaments du Nebenkern et prétendit que ceux-ci étaient de nature mitochondriale.

De 1900 à 1903 MEVES (4), observant le cycle de développement des spermatozoïdes chez les Mollusques constata qu'au cours du processus spermatogénétique, les mitochondries se répartissaient, par le jeu même des divisions répétées, en quantités égales dans les éléments successifs de la lignée

(1) PRENANT. — Observations cytologiques sur les éléments séminaux de la Scolopendre et de la Lithobie (*La Cellule*, t. III, 1887).

(2) PRENANT. — Sur le Protoplasma supérieur (archoplasme, kinoplasme, ergasoplasme). Etude critique (*Journal Anat. et Physiol.*, t. XXXIV, XXXV, 1898-99).

(3) BENDA. — *Loc. cit.*, p. 9 du présent mémoire.

(4) MEVES. — Ueber den v. La Valette Saint Georges entdeckten Nebenkern (Mitochondrienkörper) der Samenzellen (*Arch. f. mikr. Anat.*, Bd. LVI, 1900).

— Struktur und Histogenese der Spermien (*Anat. Hefte.*, Bd. XI; Wiesbaden, 1902).

— Ueber oligopyrene und apyrene Spermien und ueber ihre Entstehung, nach Beobachtungen an Paludina und Pygæra (*Arch. f. mikr. Anat.*, LXI, 1902).

— Zur Struktur der roten Blutkörperchen bei Amphibien und Säugetieren (*Anat. Anz.*, Bd. XXIII, 1903).

spermatique et, finalement, se fusionnaient dans le spermatozoïde adulte pour donner un organe assez compact localisé tout à fait au voisinage du noyau. MEVES, après l'avoir tout d'abord appelé idiozome lui donna le nom de « Mitokondrien-körper » reconnaissant ainsi la nature histologique du Nebenkern de BÜTSCHLI.

HENNEGUY (1) grâce à ses recherches, effectuées de 1904 à 1906, confirma cette manière de voir et RETZIUS (2), en 1904, s'y rangea aussi.

Mais malgré les recherches et les opinions des auteurs précédents, la nature mitochondriale du Nebenkern ne fut cependant pas admise de suite par tout le monde. C'est ainsi par exemple qu'en 1909, alors que FAURÉ-FREMIET (3) confirmait, grâce à de nouvelles recherches, la manière de voir de MEVES, REGAUD (4) écrivait « . . . dans ce dernier cas l'idiozome apparaît parfois avec une structure hétérogène; il montre des grains, des bâtonnets, des corpuscules irréguliers plus intensément colorés surtout à leur périphérie; mais rien n'est moins certain que la préexistence de ces corpuscules, qui sont peut-être produits par le traitement auquel a été soumise la préparation. »

Tel était donc l'état de la question du Nebenkern lorsque FAURÉ-FREMIET entreprit de nouvelles recherches sur ce corpuscule. A la suite de celles-ci cet auteur fut amené à considérer deux cas nettement distincts l'un de l'autre : celui où la presque totalité des mitochondries concourent à former le Nebenkern et celui où une portion seulement des mitochondries se groupent pour l'engendrer.

(1) HENNEGUY. — *Les Insectes, morphologie, reproduction, embryogénie* (Masson, éditeur, 1904).

— Recherches sur le mode de formation de l'œuf ectolecithe du *Distomum hepaticum* (*Arch. Anat. microsc.*, t. XI, 1906).

(2) RETZIUS. — Zur Kenntnis der Spermien der Evertebraten (*Verh. anat. Ges.*, Jena, 1904).

(3) FAURÉ-FREMIET. — *Loc. cit.*, p. 14 du présent mémoire.

(4) REGAUD. — Sur la signification physiologique du chondriome des cellules sexuelles mures et, notamment, des Spermatozoïdes (*C. R. Soc. Biol.*, 1909).

1^o *Groupement total des mitochondries.* — FAURÉ-FREMIET prit comme type de ce cas *Pyrrhocoris apterus* que PLATNER (1) et HENKING (2) avaient déjà consciencieusement et respectivement étudié en 1889 et 1891.

Il put alors remarquer que si l'on observe, à l'état frais, dans un sérum non coloré, les spermatogonies et les spermatocytes de premier ordre de cet insecte, on constate qu'elles se présentent sous la forme de petites cellules possédant un noyau clair localisé dans une masse protoplasmique contenant de très nombreuses mitochondries. Ces mitochondries présentent moins d'un μ , sont de dimensions égales et légèrement allongées ou mieux ovoïdes. En faisant agir sur elles le violet de dahlia, en solution faible et isotonique, on peut arriver à les colorer très fortement sans les déformer.

Avant que les spermatocytes de premier ordre se divisent les mitochondries qu'ils contiennent subissent une série de modifications de forme et de situation qui, finalement, aboutissent à la constitution du Nebenkern.

Ces modifications que HENNEGUY a, lui aussi, constatées peuvent être, du reste, suivies assez longtemps sur le vivant et voici l'ordre dans lequel elles apparaissent.

Tout d'abord les mitochondries se réunissent bout à bout et forment des filaments noduleux et flexueux contournés en anses, en arcs, en hélices (fig. 30, 2, *F*). Ensuite ces filaments deviennent lisses et se disposent en une masse rappelant par son allure celle d'un fer à cheval dont les deux branches (fig. 30, 3, *B*) sont tangentes au noyau (fig. 30, 3, *N*). Quand la division du noyau des spermatocytes s'effectue ces filaments s'allongent et forment une cage (fig. 30, 4, *C*) autour du fuseau achromatique. A ce moment chaque filament mitochondrial présente ses deux extrémités renflées, tandis que son corps va s'amincissant, de plus en plus, au

(1) PLATNER. — *Loc. cit.*, p. 123 du présent mémoire.

(2) HENKING. — Untersuchungen über die ersten Entwicklungsvorgänge in den Eiern der Insekten. II. Ueber Spermatogenese und deren Beziehung zur Eientwicklung bei *Pyrrhocoris apterus* (*Zeitschr. f. wiss. zool.*, Bd. LI, 1891).

fur et à mesure qu'on se rapproche de sa région moyenne. C'est du reste l'étirement dont il est l'objet qui provoque cet amincissement lequel atteint son maximum dans sa région médiane.

Au moment où la division nucléaire est un fait accompli les filaments se rompent dans la partie la plus fine et les tronçons ainsi obtenus se résolvent de nouveau en grains pour se réunir encore en cha-
pelet.

Lorsque la spermatide commence à évoluer à son tour en spermatozoïde, les filaments mitochondriaux se présentent sous l'aspect de boyaux dont la périphérie plus condensée se colore de ce fait beaucoup plus fortement que le cen-



FIG. 30 (empruntée à FAURÉ-FREMIET).
Evolution du Nebenkern
dans les cellules mâles du *Pyrrhocoris apterus*.

tre. Mais ils ne restent pas isolés les uns des autres dans le cytoplasma. Ils s'unissent bientôt en une masse, en un paquet couronné (fig. 30, 5, P).

A partir de ce moment le Nebenkern est né. Si maintenant on continue à suivre son évolution on constate tout d'abord que sa masse se divise en deux paquets, en deux moitiés (fig. 30, 6 et 7, N) qui s'allongent. En même temps, le filament axial (fig. 30, 8, a) de la spermatide se différencie depuis le centrosome proximal jusqu'au centrosome distal en passant entre les deux moitiés du Nebenkern. Il dépasse ensuite légèrement ce dernier centrosome et finalement s'allonge un peu en dehors (fig. 30, 8, b). Enfin, la différenciation se poursuivant toujours, les deux moitiés du Nebenkern s'allongent encore et lorsque le spermatozoïde est définitivement formé, chaque moitié finit par être un simple filament qu'on aperçoit à côté du filament axial.

La formation et l'évolution du Nebenkern que nous venons de décrire chez *Pyrhocoris apterus* se retrouve chez les autres Insectes tels que *Gryllus campestris*, *Pamphagus marmoratus*, etc., etc... Certes il existe bien quelques variantes mais celles-ci n'atteignent pas l'origine, la nature même du noyau accessoire qui reste, dans tous les cas, la même, c'est-à-dire mitochondriale.

Mais ce ne sont pas seulement les Insectes qui présentent à un moment donné de l'évolution spermatogénétique un Nebenkern. FAURÉ-FREMIET a fait voir en effet que le noyau accessoire prenait part à la constitution des spermatozoïdes chez les Echinodermes et les Siphonophores, etc., etc., tout comme chez les Insectes.

Le groupement de toutes les mitochondries en une seule masse à un moment de l'évolution spermatogénétique est donc un phénomène assez général qui ne manque pas d'intérêt.

2° *Groupement partiel des mitochondries.* — Dans d'autres cas le Nebenkern résulte seulement d'un groupement partiel des mitochondries existant dans les cellules. Un

exemple de ce mode de formation est fourni par les Mollusques et plus particulièrement par les Gastéropodes pulmonés.

Mais le Nebenkern ainsi formé n'a pas l'air de jouer un très grand rôle dans l'organisation du spermatozoïde si même toutefois il en joue un. Par contre les autres mitochondries qui restent libres semblent prendre une part active à l'édification des filaments spiraux et de l'enveloppe du segment moyen.

FAURÉ-FREMIET a étudié l'évolution de cette variété de Nebenkern dans la lignée spermatique d'*Arion rufus*. Il a reconnu tout d'abord que les spermatogonies montrent des mitochondries isolées les unes des autres et presque exclusivement localisées contre le noyau, lequel occupe une des extrémités de la cellule.

Au moment de la division des spermatogonies les mitochondries se répartissent entre les cellules filles sans engendrer tout d'abord aucune masse spéciale.

Mais si on observe ensuite les spermatocytes de premier ordre on remarque que certaines mitochondries se transforment en petits filaments (fig. 31, 1, *F*) lisses et assez courts. Quelques-uns de ceux-ci se gonflent et se réunissent ensuite autour d'un espace clair (fig. 31, 2, *E*). En coupe, leur ensemble affecte la forme d'un anneau discontinu (fig. 31, 2, *a*) autour de ce même espace. Cet anneau est le Nebenkern (fig. 31, 2, *N*). En réalité ce corps spécial est une sphère creuse dont la surface est formée de calottes sphériques de faible courbure.

Dans la spermatide (fig. 31, 3) on retrouve ensuite les mêmes éléments que dans le spermatocyte, c'est-à-dire Nebenkern et mitochondries libres. Mais le noyau, très petit, prend la forme d'une calotte (fig. 31, 4, *C*) et occupe un des pôles de la cellule. Dans la concavité qu'il forme ainsi, se trouve le centrosome proximal (fig. 31, 5, *c. p.*). Le centrosome distal, relié par le filament axial au précédent, occupe l'autre extrémité de la spermatide, qui s'allonge de plus en plus. A ce

moment les mitochondries sont surtout localisées auprès du noyau (fig. 31, 5, C) tandis que le Nebenkern s'en éloigne

toujours davantage.

L'allongement de la spermatide continuant, de plus en plus, certaines mitochondries libres se resserrent encore davantage contre le filament axial et, pendant ce temps, le Nebenkern se désagrège. Les plaquettes chromatiques (fig. 31, 6, P) qui en résultent s'échelonnent le long de la queue du spermatozoïde. Enfin la plupart des mitochondries libres finissent par se souder et par former deux filaments (fig. 31, 7, f) enroulés en forme d'hélice autour du filament axial. Ainsi se trouve constitué le segment moyen du spermatozoïde dont

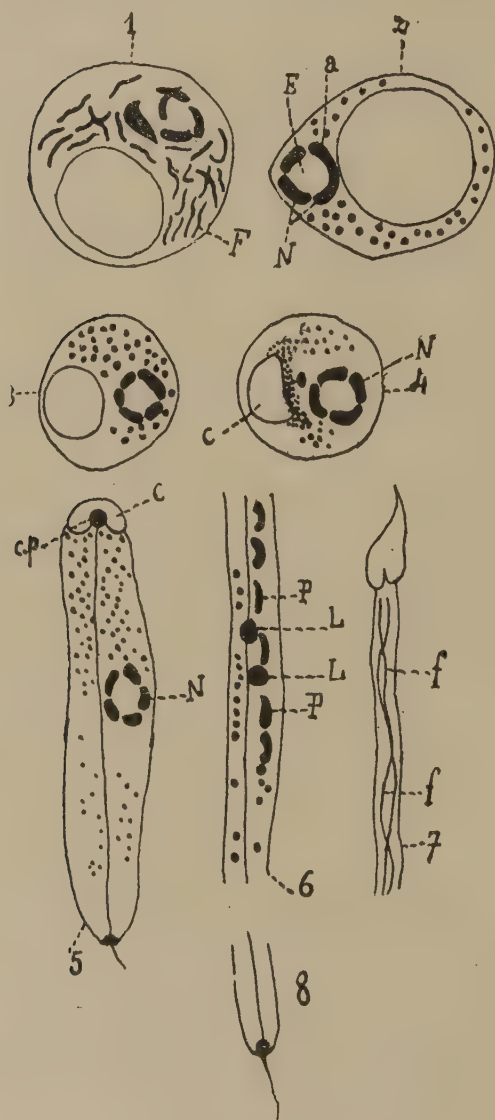


FIG. 31

Empruntée à FAURÉ-FREMIET.

Evolution du Nebenkern
dans la lignée spermatique de l'*Arion rufus*.

la région postérieure ne contient que les plaquettes du Nebenkern dissocié et des granulations graisseuses (fig. 31, 6, L) provenant de la transformation des mitochondries qui n'ont pas pris part à la formation des filaments hélicoïdaux.

B. — GAMÉTOGÉNÈSE MALE VÉGÉTALE.

Pour retrouver chez le Végétal l'équivalent réel morphologique du spermatozoïde il faut s'adresser à certaines Cryptogames telles que les Filicinées, les Fucacées par exemple, lesquelles présentent des anthérozoïdes.

Les plantes supérieures en effet, c'est-à-dire les Phanérogames, ont bien elles aussi un organite mâle pour assurer leur reproduction. Mais celui-ci ne se meut pas. Il est porté jusqu'au sac embryonnaire, lieu de la fécondation, par le tube pollinique. En d'autres termes, c'est un anthérozoïde fixe. Mais il y a lieu cependant de parler de son évolution en se plaçant au point de vue mitochondrial et c'est ce que nous ferons du reste après avoir étudié l'évolution des anthérozoïdes proprement dits, lesquels se rapprochent directement des spermatozoïdes.

A) Gamètes mobiles.

1^o *Anthérozoïdes de Cryptogames vasculaires.* — Nous examinerons tout d'abord avec EMBERGER (1) le rôle du chondriome dans la formation des anthérozoïdes des Cryptogames vasculaires.

Mais rappelons cependant avant toute chose que les anthérozoïdes dérivent d'anthéridies, lesquelles s'individualisent aux dépens des cellules épidermiques. La cellule épidermique qui doit devenir une anthéridie se distingue de ses voisines par la petitesse relative de ses grains de chlorophylle.

Lorsque l'évolution de cette cellule commence, les grains

(1) EMBERGER. — *Loc. cit.*, p. 19 du présent mémoire.

de chlorophylle résorbent leur amidon et diminuent encore de taille (fig. 32, 1 et 2). Cette diminution de volume est accompagnée d'une augmentation en épaisseur de l'enveloppe chondriomique de chacun d'eux et bientôt les chloroplastes sont transformés en organites fusiformes répartis dans le



FIG. 32.

Empruntée à EMBERGER.

Anthéridie et anthérozoïde d'*Adiantum capillus Veneris*.

protoplasma. Ils s'y trouvent du reste mélangés avec des mitochondries (fig. 32, 1 et 2, M) et des chondriomycètes (fig. 32, 1 et 2, ch) dont le rôle n'est pas apparent.

Pendant que ces transformations s'opèrent les vacuoles (fig. 32, 2, V) du protoplasma diminuent de volume ce qui permet à la masse protoplasmique d'augmenter d'autant.

Lorsque les cellules mères primordiales (fig. 32, 3) des

anthérozoïdes sont formées leur cytoplasma est très dense. Le noyau (fig. 32, 3, *N*) de chacune d'elles en occupe presque tout le volume et s'entoure d'un chondriome formé de forts chondriocontes et de mitochondries. Les gros chondriocontes dérivent des anciens chloroplastes ; par contre l'origine des autres est inconnue. Il en est de même de leur rôle.

Une fois que les cellules mères primordiales ont atteint leur complet développement on retrouve encore des chondriocontes de toutes dimensions, et des mitochondries.

Enfin quand ces mêmes cellules se transforment en cellules mères proprement dites d'anthérozoïdes (fig. 32, 4 et 5), on assiste alors à un morcellement général des chondriocontes et à une multiplication des mitochondries. A partir de ce moment il n'est plus permis de distinguer les chondriosomes dérivant des chloroplastes de ceux qui n'en dérivent pas.

Étudions maintenant le rôle du chondriome dans la formation de l'anthérozoïde.

C'est un fait connu que les anthérozoïdes de Fougères possèdent un corps spiralé et cilié : la spirale provenant de l'étirement du noyau de la cellule mère et les cils du blépharoplaste lequel semble dériver du centrosome.

Pendant un certain temps les anthérozoïdes possèdent une vésicule de nature protoplasmique représentant le reste du cytoplasma de la cellule mère qui n'a pas contribué à former la spirale.

Or si l'on observe les coupes de cellules mères en voie de former des anthérozoïdes on remarque que le corps anthériodien entoure un petit amas de mitochondries (fig. 32, 6, *M*), une sorte de Nebenkern, qui passent ensuite dans la future vésicule.

Mais l'anthérozoïde mûr (fig. 32, 8, *M*) contient aussi des chondriosomes et ceux-ci sont des mitochondries invariablement disposées sur deux rangées le long de la spirale où elles sont en outre, régulièrement espacées (fig. 32, 9, *M*).

On retrouve donc ici, dans le Règne végétal, une disposition des mitochondries identique à celle que nous avons

signalée dans le Règne animal ainsi qu'un Nebenkern qui ne sert à rien dans la formation de l'anthérozoïde. Toutefois au lieu de se désagréger à l'intérieur de l'organite mâle comme ceci se produit dans le Règne animal, il en est au contraire expulsé avec la vésicule du protoplasma, laquelle représente la portion de la matière vivante devenue inutile à la constitution de l'anthérozoïde.

2^o Anthérozoïdes des Algues. — Le chondriome joue, ici encore, comme l'a montré MANGENOT (1), un rôle édificateur à l'égard de l'anthérozoïde. Malheureusement il n'a pu être décélé jusqu'à ce jour que dans quelques rares cas parmi lesquels il faut citer celui des *Fucacées*.

Il y a donc lieu, en ce qui concerne les autres, de poursuivre de nouvelles recherches : témoin l'anthérozoïde des *Characées*.

Fucacées. — Ici une anthéridie résulte de la ramification d'un poil, ou d'une touffe de poils, qui lui-même a pris naissance aux dépens d'une cellule épidermique du conceptacle.

Au début cette cellule est en forme de tonnelet et contient un protoplasme creusé de quelques vacuoles, un petit nombre de phéoplastes, des grains de fucosane colorables par le bleu Nil, le bleu crésyl, des grains de nature lipoïde et enfin de très nombreuses mitochondries. C'est donc une telle cellule qui va devenir le siège et l'origine de cynèses multiples lesquelles ont pour but d'engendrer les anthérozoïdes.

A cet effet le noyau se divise un grand nombre de fois et finit par en donner soixante-quatre. En même temps les phéoplastes se divisent très rapidement, diminuent par conséquent de volume, et se décolorent. Puis ils s'allongent un peu et se transforment en chondriocontes. Toutefois à côté d'eux il existe des mitochondries typiques et c'est ici qu'il faut distinguer dans ce chondriome les chondriosomes dérivant des phéoplastes dont l'avenir est aussi nettement connu,

(1) MANGENOT. — *Loc. cit.*, p. 19 du présent mémoire.

des mitochondries dérivant de mitochondries préexistantes et qui se maintiennent toujours dans cet état. Les premiers en effet, tout en continuant à se multiplier augmentent légèrement de taille. Puis lorsque l'anthéridie a atteint la fin de son développement, ils cessent de se partager : ils grossissent et se chargent en même temps de pigment orangé. Chacun d'eux va s'accoler ensuite à un noyau pour former dans le futur anthérozoïde le point rouge (fig. 33).

En somme le point rouge n'est donc qu'un phéoplaste modifié dont la chlorophylle et la phyco-phéine ont disparu et ont été remplacées par de la carotène et de la xanthophylle. Seulement ce mélange pigmentaire est ici cristallisé.

A partir de ce moment l'anthérozoïde continue à évoluer et finit par devenir, conformément aux conclusions de GUIGNARD (1), une masse protoplasmique allongée en virgule, munie d'un noyau ovi-



FIG. 33.

Empruntée à MANGENOT.

1. Jeune sac anthéridien de *Fucus platycarpus* ; autour des noyaux peu nombreux et nettement nucléolés, on aperçoit les plastides encore assez volumineux et quelques précipités phénoliques ; les chondriosomes n'ont pas été représentés. — 2. L'amincissement des plastides continue ; ils sont tous en voie de division. — 3. Plastides encore très minces, rares, et mitochondries. — 4. Noyaux entourés de mitochondries. — 5. Sac anthéridien adulte ; à l'intérieur on distingue les anthérozoïdes représentés par le noyau (N), le chromatophore (ch) et quatre à huit mitochondries groupées (M) (Neben kern).

(1) GUIGNARD. — Développement et constitution des anthérozoïdes des Algues. (Rev. génér. Bot., 1889).

forme, d'un gros globule lipéide, quelquefois de petits grains de fucosane, et de quatre à huit mitochondries groupées autour du noyau. C'est du reste ce dernier aspect qui a

porté RETZIUS (1) à voir un Nebenkern dans l'anthérozoïde de *Fucus*. Cette assimilation nous paraît fort logique car le mot Nebenkern signifie groupement de mitochondries très proche du noyau cellulaire et ne présume en rien de l'avenir de cet amas.

Characées.—Voyons ce qui se passe maintenant chez les Characées. Le gamète mâle prend naissance aux dépens d'une anthéridie (fig. 34, A). Celle-ci, lorsqu'elle est mûre, a la forme d'une petite sphère portée par l'extrémité d'une foliole. Elle se compose de huit cel-

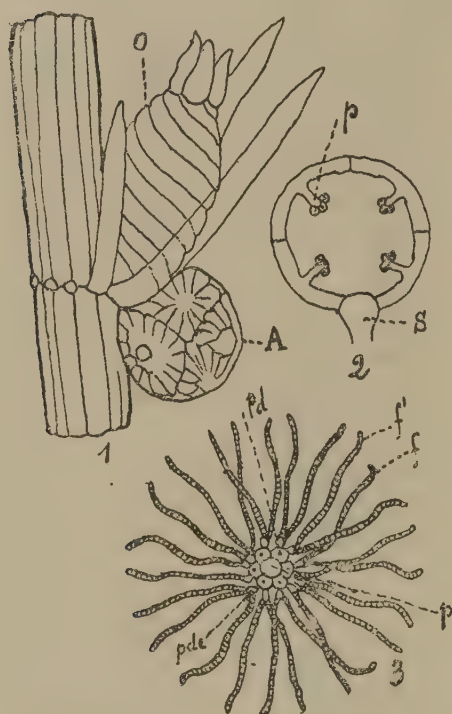


FIG. 34.

Empruntée à BONNIER et LECLERC DU SABLON
(*Traité de Botanique*).

Fragment de feuille de *Chara fragilis*
portant une anthéridie (A) et un oogone (O).

lules à peu près égales, ayant chacune un contour triangulaire et disposées régulièrement, quatre en haut et quatre en bas. Au voisinage du support de l'anthéridie les quatre cellules inférieures sont comme entaillées, de façon à laisser

(1) RETZIUS. — Ueber Spermien der Fucaceen (*Arch. Arkiv. for. Botanik.*, Bd. V, 1906).

passer entre elles le prolongement du support de celle-ci. C'est ce qu'on voit nettement en S (fig. 34).

La même coupe longitudinale nous montre encore que l'anthéridie est creuse. A sa face interne, chacune des huit cellules présente un prolongement (fig. 34, 2, *p*) qui porte lui-même six petites cellules (fig. 34, 3, *pd*) et sur chacune desquelles s'insèrent deux autres petites cellules (fig. 34, 3, *pde*), émettant l'une et l'autre deux longs filaments cloisonnés (fig. 34, 3, *ff*). Il y a donc vingt-quatre filaments pour chaque prolongement (fig. 34, 2, *p*) des huit cellules de l'enveloppe; ce qui fait en tout cent quatre-vingt-douze filaments remplissant la cavité de l'anthéridie. Ceux-ci sont constitués par des cellules courtes et de chacune naîtra un anthérozoïde enroulé muni de deux cils vibratiles à l'extrémité la plus effilée.

Or lorsque l'anthéridie commence à se différencier, les chloroplastes qu'elle contient diminuent de taille et les grains d'amidon qu'ils possèdent disparaissent en se résorbant.

Au moment où les filaments anthéridiens vont se former, se différencier, les chloroplastes sont toujours en voie de régression (fig. 35) et celle-ci se poursuit jusqu'à ce que les filaments soient complètement formés. A partir de ce moment les cellules dont ils sont constitués et d'où doivent sortir les anthérozoïdes ne contiennent plus que quelques mitochondries et un petit nombre de chondriocotes très courts. Quant à la destinée de ces chondriosomes elle n'a pu, d'après MANGENOT, être encore suivie; de sorte que jusqu'à maintenant on ignorerait leur répartition à l'intérieur des anthérozoïdes. Cependant si l'on se donne la peine d'examiner de près une figure donnée par MM. BONNIER et LECLERC DU SABLON, dans leur traité, il semble que cette répartition puisse être facilement connue.

B) *Gamètes immobiles.*

Encore plus incomplète est l'étude de ce rôle en ce qui concerne le gamète mâle des plantes phanérogames. MEVES (1),

(1) MEVES. — *Loc. cit.*, p. 10 du présent mémoire.

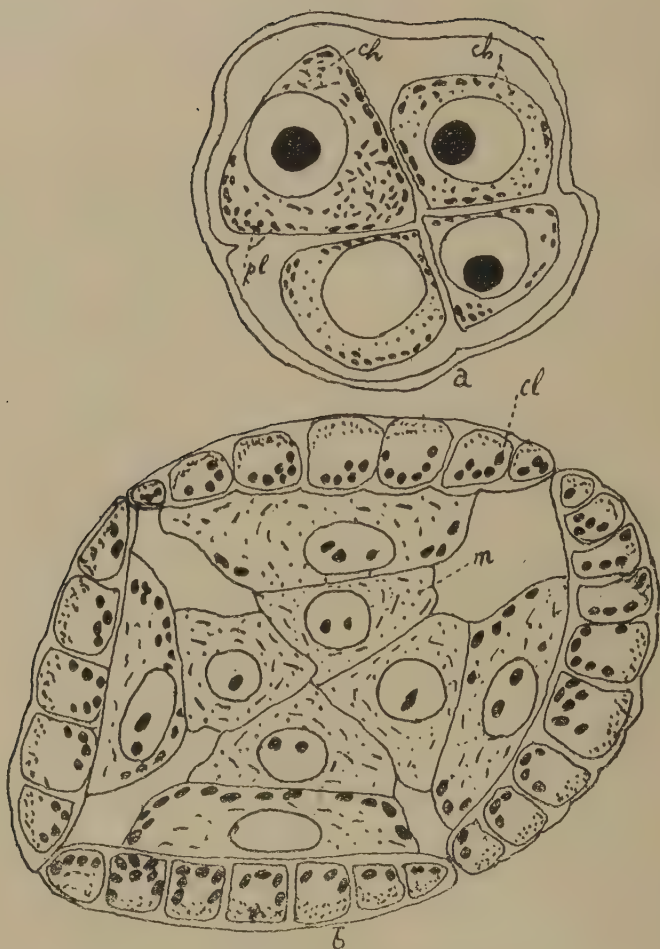


FIG. 35 (empruntée à MANGENOT).

a) Très jeune anthéridie de *Chara fragilis*; *pl*) plastes encore distincts des chondriosomes (*ch*). — b) Anthéridie plus avancée en âge : dans les quatre cellules centrales engendrant les filaments, il n'existe plus de plastes ; tout est chondriosomes (*m*).

TISCHLER (1), NICOLSI-RONCATI (2), LEWITSKY (3), BON-

(1) TISCHLER. — Voir Guilliermond, p. 369 du travail cité p. 139 du présent mémoire.

(2) NICOLSI-RONCATI. — Formazioni mitochondriali negli elementi seminali maschili dell *Helleborus foetidus* (*Bolletino dell'orto botanico della R. Università die Napoli*, t. II, 1910).

(3) LEWITSKY. — *Loc. cit.*, p. 19 du présent mémoire.

NET (1) et GUILLIERMOND (2) se sont en effet simplement contentés de signaler la présence de chondriosomes dans le grain de pollen. Mais on conçoit l'importance qu'il y aurait à savoir comment ces chondriosomes évoluent et de quelle façon ils se comportent vis-à-vis des deux gamètes du tube pollinique dont l'un féconde dans la suite l'oosphère et l'autre se fusionne avec le noyau du sac embryonnaire.

Le champ des recherches est donc libre tout entier à ce point de vue là et nul doute que ceux qui entreprendront des études dans ce sens arrivent à des résultats du plus haut intérêt.

C. — RÉSUMÉ.

Les recherches que nous venons d'exposer nous montrent que les chondriosomes prennent une part active à l'édification du corps des gamètes mâles exclusivement sous la forme de mitochondries.

Dans le Règne animal, lorsque le spermatozoïde possède un flagellum, les mitochondries se disposent en spirale autour du filament axile de celui-ci. Par contre lorsque le spermatozoïde ne présente pas de flagellum, comme dans l'*Homarus vulgaris* par exemple, ces mêmes mitochondries, au lieu de conserver leur forme caractéristique, s'allongent pour engendrer des filaments qui pénètrent à l'intérieur des prolongements cytoplasmiques, lesquels remplacent le flagellum. Dans d'autres cas les mitochondries forment, avant d'occuper leur situation définitive, un Nebenkern, c'est-à-dire une sorte de pseudo-noyau voisin du noyau de la cellule et engendré par leur groupement presque total ou partiel.

Lorsque le groupement est presque total les mitochondries constituant ce Nebenkern concourent à former le flagellum

(1) BONNET. — Recherches sur l'évolution des cellules nourricières du pollen chez les Angiospermes (*Arch. f. Zellforschung.*, t. VII, 1912).

(2) GUILLIERMOND. — Recherches cytologiques sur le mode de formation de l'amidon et sur les plastés des Végétaux (*Arch. Anat. micr.*, 1912-13).

du spermatozoïde et à un moment donné se disposent en spirale tout autour du filament axile.

Lorsque le groupement est au contraire partiel le Nebenkern qui en résulte se désagrège, dans la suite, et ne joue aucun rôle dans l'édification du flagellum. Par contre les mitochondries, demeurées libres, y prennent part et se disposent en spirale, comme précédemment, tout autour du filament axial.

Dans le Règne végétal il existe deux sortes de gamètes, les uns mobiles, les autres immobiles.

Parmi les mobiles il y a lieu de citer les anthérozoïdes des Cryptogames vasculaires et de certaines Algues.

Les anthérozoïdes des plantes phanérogames sont au contraire immobiles.

Or les mitochondries des gamètes mobiles peuvent se comporter différemment suivant les cas.

Ainsi chez les Cryptogames vasculaires un certain nombre d'entre elles se groupent pour former une sorte de Nebenkern qui passe dans la vésicule protoplasmique laquelle représente le reste du cytoplasma de la cellule mère qui n'a pas contribué à former le corps spiralé de l'organite mâle. Puis, cette vésicule étant définitivement éliminée, le Nebenkern qu'elle contient l'est aussi. Mais l'autre partie des mitochondries restantes se dispose invariablement sur deux rangées, le long du corps spiralé où elles se montrent régulièrement espacées entre elles.

Chez les anthérozoïdes des Algues une portion des mitochondries se groupent aussi pour former un Nebenkern. Mais celui-ci, au lieu d'être rejeté à l'extérieur, reste localisé au sein même de l'anthérozoïde avec les autres mitochondries. Quant au rôle qu'il y joue il n'a pas encore été possible de le déterminer.

Dans les plantes phanérogames le gamète mâle est fixe. De plus on n'a fait que constater la présence de chondriosomes dans leur corps : le rôle exact de ceux-ci étant encore complètement inconnu.

CHAPITRE VII

Analogie des Chondriosomes des deux Règnes ; leur analogie avec les plastes. — Les Chondriosomes ont-ils été aperçus avant Benda ?

A. — ANALOGIE DES CHONDRIOSOMES ANIMAUX ET VÉGÉTAUX.

L'étude comparative que nous venons de faire nous permet maintenant de grouper, ici, un certain nombre de faits qui plaident en faveur de l'assimilation complète des chondriosomes appartenant aux deux Règnes.

En effet les uns et les autres se présentent sous la forme de toutes petites sphères ou de petits bâtonnets plus ou moins longs, plus ou moins flexueux, quelquefois même ramifiés.

Leur dimension ne dépasse généralement pas un μ et la matière organique qui les constitue est, dans les deux cas, d'une extrême plasticité, d'une grande élasticité. De plus elle est de nature franchement albuminoïde.

Les chondriosomes des deux Règnes sont également attaqués par les liquides contenant soit de l'alcool soit de l'acide acétique. Leurs formes sont surtout profondément altérées lorsqu'elles sont mises en présence de cet acide.

Par contre ces mêmes corpuscules ne subissent aucune déformation au contact de la solution osmique au centième, des liquides chromo-osmiques en général, etc., etc.

Les éléments des chondriomes animaux et végétaux admettent encore les mêmes colorants et ceci, soit à l'état post-vital,

soit après fixation. En ce qui concerne leur multiplication elle se produit toujours de la même façon, c'est-à-dire à partir de mitochondries dérivant elles-mêmes de mitochondries préexistantes.

Les propriétés physiques et chimiques des mitochondries et des chondriocontes des cellules animales et végétales sont aussi les mêmes. Leur réfringence est variable d'intensité dans le même sens.

Ils sont sensibles aux changements de température et les modifications que ceux-ci entraînent ont la même allure dans les deux Règnes.

D'autres influences produisent encore sur eux les mêmes effets et les actions de la tonicité provoquent, dans leur masse, des déformations qui sont toujours de même sens.

Les chondriosomes animaux et végétaux jouent de plus un rôle dans la formation des pigments et dans celle des corps gras. Pour ces derniers, en particulier, la succession des stades évolutifs est rigoureusement superposable dans les deux Règnes.

Enfin les mitochondries animales et végétales prennent encore une part importante et identique dans la formation des gamètes mâles de la reproduction.

Dans le Règne animal comme dans le Règne végétal en effet elles contribuent à former le corps du spermatozoïde et l'anthérozoïde au sein desquels elles se disposent de la même façon. Dans l'un et l'autre cas encore, elles peuvent engendrer un Nebenkern.

Il n'est donc pas exagéré, étant donné l'ensemble de ces caractères identiques, de concevoir une analogie profonde entre les chondriosomes des deux Règnes vivants.

B. — ANALOGIE DES CHONDRIOSOMES ET DES PLASTES OU LEUCITES.

Au cours de ce travail nous n'avons pas été seulement amené à reconnaître l'identité des chondriosomes des deux

Règles. Nous avons pu aussi nous apercevoir que GUILLIERMOND après avoir discoursu, durant de longues années, sur ces organites et avoir produit sur eux d'importants travaux illustrés de planches remarquables identifiait, en fin de compte, ces corpuscules aux plastes que SCHIMPER et COURCHET avaient étudiés en détail bien avant lui.

Cette analogie était du reste des plus aisées à établir.

En effet, dès 1891, le célèbre botaniste français VAN TIEGHEM résumait en ces termes, dans son remarquable traité, les travaux de ses devanciers et les siens propres sur les plastes ou leucites.

« C'est principalement, disait-il, par leurs propriétés physiques, notamment par leur réfringence, que les leucites se distinguent nettement au sein du protoplasma. Leur forme est sphérique ou ovale comme dans *Colocasia*, *Philodendron*, *Betta*, parfois allongée en fuseau ou en bâtonnet comme dans *Phajus*, *Melandrium*. Ils commencent quelquefois par être sphériques et, plus tard, s'allongent en fuseau, comme dans le *Canna*. Leur consistance est variable et aussi leur réfringence; on les voit tantôt plus brillants, tantôt plus pâles. Dans ce dernier cas surtout, l'eau les pénètre, les gonfle fortement et enfin les dissout, Ils se colorent en jaune par l'acide nitrique et jouissent d'ailleurs de toutes les réactions des matières albuminoïdes.

« Ils sont diversement disposés dans le protoplasma. Tantôt on les trouve localisés dans la couche qui enveloppe le noyau, comme dans les cellules périphériques des feuilles de *Philodendron*, dans le rhizome de *Colocasia*, dans la racine de *Phajus*. Tantôt ils sont distribués à la fois autour du noyau, dans la couche pariétale et dans les bandelettes rayonnantes, comme dans les graines de *Betta*. Tantôt ils se trouvent tous nichés dans le protoplasma pariétal comme dans la graine de *Melandrium*. Ils demeurent toujours plongés dans le protoplasma; on ne les voit jamais ni dans le suc cellulaire, ni dans le noyau.

« Pendant que la cellule s'accroît les leucites qu'elle

possède à l'origine grandissent en même temps chacun pour son compte et, quand ils ont acquis un certain volume, ils se divisent par le milieu, en deux leucites nouveaux qui, à leur tour, croissent et plus tard subissent une nouvelle bipartition. La bipartition s'opère ordinairement de dehors en dedans par un étranglement progressif et ressemble alors à la fragmentation du noyau : quelquefois cependant elle a lieu par une scission simultanée dans toute la masse. . . .

« Comme les noyaux les leucites procèdent toujours par voie de bipartition de leucites préexistants. »

Ce qui précède nous montre donc que les leucites ou plastes présentent un certain nombre de caractères généraux que nous pouvons résumer ainsi :

Forme primitivement sphérique ou ovale, parfois même allongée en fuseau ou en bâtonnets : dans certains cas la forme sphérique pouvant devenir un fuseau.

Localisation fréquente autour du noyau. Multiplication par division ; tirent toujours leur origine de plastes préexistants. Réfringence tantôt faible, tantôt forte. Gonflent au contact de l'eau. Sont sensibles à l'action des acides et surtout de l'acide acétique. Fixent enfin les réactifs des matières albuminoïdes.

Or si l'on rapproche maintenant ces caractères de ceux des chondriosomes que nous avons vus plus haut on ne peut évidemment pas s'empêcher de reconnaître l'analogie profonde qui existe entre ces deux sortes d'organites et l'on est naturellement porté à penser que les chondriosomes sont des plastes, des leucites. C'est du reste ce que pensait aussi, dès 1902, le savant professeur VAN TIEGHEM qui, traitant des leucites dans son cours du Muséum, disait à propos de ceux-ci : « Il est de mode aujourd'hui d'appeler mitochondrie le jeune plaste, le jeune leucite (1) ».

Avec lui nous répèterons la même phrase et sa conviction, nous la ferons nôtre.

(1) Citation donnée par M. VIGUIER, professeur à la Faculté des Sciences de Caen, alors élève de M. P. Van Tieghem.

Remarque. — Cette conclusion est nettement opposée aux idées de certains Histologistes. En effet ceux-ci voient dans les plastes un stade de différenciation chimique entre le chondriosome et le corpuscule définitif vers lequel il tend d'une manière progressive.

Or il y a lieu de se souvenir à ce propos que SCHIMPER a été le premier à désigner sous le nom de *plastés* et VAN TIEGHEM sous le nom de *leucites*, de *petites masses de nature essentiellement et exclusivement albuminoïde ne présentant, à l'origine, aucune trace de différenciation chimique*.

Le mot *plaste*, comme certains auteurs le pensent, ne désigne donc pas l'ensemble des plastés différenciés, c'est-à-dire les chromo, chloro, amyloplastés, etc., etc., mais bien « le substratum, la forme première de ces diverses enclaves » pour employer une expression de PRENANT (1). Celui-ci du reste s'exprime de la façon suivante à propos des plastés : « Par plastés ou plastides on doit entendre des parcelles de matière vivante individualisées en ce sens qu'elles ont dans la cellule une destinée spéciale ; isolées comme elles le sont, elles figurent dans le corps cellulaire des espèces d'enclaves, mais ne deviendront de vraies enclaves qu'après une série de transformations. Les plastés qui d'après cela mériteraient de prendre rang parmi les formes diverses du protoplasma fonctionnel, sont donc formateurs d'enclaves ou mieux, ce sont les substratum, les formes premières des diverses enclaves. »

PRENANT, comme on le voit, a donc bien maintenu en 1904 au mot *plaste*, pour le Règne animal, le sens que SCHIMPER lui avait donné en le créant.

C. — LES CHONDRIOSOMES AVANT BENDA.

Il n'est point douteux, d'après ce qui précède, que les chondriosomes ont été vus dans le Règne végétal, avant que Benda ait fait sa belle découverte dans le Règne animal.

(1) PRENANT. — *Traité d'Histologie*, p. 69, 1904.

Certes à ce moment les grossissements et les réactifs que les Botanistes avaient à leur disposition ne leur permirent pas d'observer les formes excessivement jeunes de ces corpuscules. Mais ils furent toutefois suffisants pour leur montrer, pour leur déceler les caractères fondamentaux des plastes.

Or étant donné ce qui s'est produit pour le Règne végétal on peut se demander si BENDA n'a pas eu de précurseurs, dans le Règne animal, qui aient au moins aperçu les chondriosomes. C'est par la résolution de cette question que nous allons clore notre travail.

En 1837 HENLE (1) fut amené, à la suite de ses recherches, à s'exprimer de la façon suivante à propos de la constitution de la matière vivante : « L'étude faite sur l'anatomie des cellules montre que les éléments morphologiques primordiaux, les plus répandus dans les tissus animaux, sont des granules de 1 à 2 μ , parfaitement délimités et ressemblant à des globules graisseux. . . .

« Les métamorphoses qu'ils subissent paraissent le point de départ du développement des éléments morphologiques. . . On pourrait désigner ces granules sous la dénomination de granules élémentaires. Mais il ne faut pas perdre de vue qu'un jour pourra venir où l'on découvrira entre eux des différences qui forceront à les diviser en plusieurs espèces (2) ».

Cette conception de HENLE est vraiment profonde et l'on ne peut s'empêcher d'admirer son génie en songeant que la plupart de ses prévisions sont devenues, dans la suite, des réalités.

Plus tard CZERMACK (3) observait dans le pédicule de la Vorticelle un cordon granuleux, le cordon plasmatique de Hentz, enroulé autour de la fibre contractile. Les granules de ce cordon étaient à peu près de même dimension. L'année

(1) HENLE. — *Symbolæ ad anatomiam villorum intestinalium*, 1837.

(2) D'après KUNSTLER. — *Constitution morphologique de la Matière vivante*.

(3) CZERMACK. — Ueber den Stiel der Vorticellinen (*Zeitschr. f. wiss. zool.*, Bd. IV, p. 438, 1853).

suivante LEYDIG (1) retrouva ces mêmes granules chez quelques Infusoires.

ARNDT (2), à la suite de ses recherches sur les globules rouges des Batraciens, dont l'ensemble ne parut toutefois qu'en 1881, conçut le protoplasma comme formé de granulations nombreuses noyées au fond d'une masse fondamentale homogène. Ces granulations, entourées d'une membrane propre, constituaient pour ARNDT des entités, quelque chose d'absolument indépendant, des organites en un mot dont l'ensemble représentait à ses yeux la partie essentielle de la masse vivante.

De 1875 à 1883 BÉCHAMP (3) mit sur pied sa théorie des microzymas. D'après lui le protoplasma contenait des granulations élémentaires qu'il désigna sous le nom de microzymas. Ces granulations avaient à ses yeux la puissance d'évoluer en Bactérie et de survivre au protoplasma au même titre que les molécules organiques de BUFFON.

En 1878 MAGGI (4) après une série de recherches du plus haut intérêt, fut conduit à émettre l'idée que toute cellule contenait, dès l'origine même, une substance plastique, primitive, gluante qu'il appela glia ou autoplason. Pour lui cette substance était tout d'abord dépourvue de structure. Mais il admit que, durant son évolution, de nombreuses petites parties s'y individualisaient et il les désigna sous le nom de plastidules.

En 1882, FLEMMING (5) fit paraître son remarquable ouvrage

(1) LEYDIG. — *Ueber den Bau und die systematische Stellung der Räderthiere*, 1854.

(2) ARNDT. — *Untersuchungen an den rothen Blutkörperchen*, etc., etc. (*Virchow's Arch.*, LXXXIII, 1881).

(3) A. BÉCHAMP. — *Les microzymas dans leurs rapports avec la fermentation et la physiologie* (*Assoc. p. avanc. des Sc.*, 1875).

— *Les microzymas dans leurs rapports avec l'hétérogénie*, etc., etc., Paris, 1883.

(4) L. MAGGI. — *I plastiduli nei ciliati, i plastiduli liberamente viventi* (*Atti d. Soc. it. di sc. nat. Milano*, 1878).

(5) FLEMMING. — *Zellsubstanz, Kern und Zelltheilung*, Leipzig, 1882.

— *Von Bau der Spinalganglienzellen* (*Beiträge z. Anat. u. Embryol. als Festg. f. d. Henle*. Bonn., 1882).

sur la cellule. Se basant sur de très nombreuses observations qu'il avait faites en se servant de fixateurs appropriés dont il avait essayé d'avance l'action déformante sur le protoplasma, il fut amené à voir dans celui-ci une substance ayant une forme ordonnée et figurée. Il y remarqua en effet des filaments granuleux ou en bâtonnets, indépendants et non anastomosés, lesquels étaient plongés dans une substance homogène contenant des granulations.

La même année MARTIN (1), à la suite de ses recherches, admit l'existence, dans chaque cellule, d'une gangue protoplasmique contractile dans laquelle se trouvaient de nombreuses granulations comparables à des micrococcus et disposées sans ordre ou en série. Il résuma du reste ainsi sa théorie : « La granulation protéique du protoplasma est peut-être un élément vivant, une cellule minuscule dont la vie et la fonction régulariseraient et spécifieraient, dans un sens physiologique déterminé, l'être complexe que nous désignons encore sous le nom de cellule simple et primitive. »

De 1886 à 1893 ALTMANN (2), dans une série de publications, exposa sa théorie des bioblastes. Reprenant en effet l'étude des Plasmazellen de WALDEYER et se servant de la méthode employée par ERLICH pour examiner ces cellules spéciales, il fut amené à penser que les granulations qu'elles renfermaient, ne devaient pas leur être particulières mais que celles-ci devaient être, au contraire, communes à toutes les cellules avec un volume moins accentué toutefois. Il lui fut permis d'observer au sein même de masses protoplasmiques variées, des filaments, des bâtonnets et des grains. Il remarqua de plus que les filaments qu'il baptisa de « végétatifs » pouvaient se segmenter pour engendrer les grains et il considéra les

(1) MARTIN (H.). — Recherches sur la structure de la fibre musculaire striée, etc., etc. (*Arch. de physiologie normale, path.*, 1882).

(2) ALTMANN. — *Studien über die Zelle. I. Heft.*, Leipzig, 1886.

— *Die Genese der Zellen. Beiträge zur Physiologie*, Leipzig, 1887.

— Die Granulalehre und ihre Kritik (*Arch. f. Anat. und Physiol. Anat. Abth.*, 1893).

uns et les autres comme doués d'un puissant rôle élaborateur. Il vit en eux les éléments vivants du protoplasma et après les avoir tout d'abord désignés sous le nom de granula il leur assigna un peu plus tard celui de bioblaste. Poussant jusqu'à l'extrême limite son interprétation il en fit des êtres vraiment vivants et définit le protoplasma : une colonie d'organismes élémentaires répartis au sein d'une substance fondamentale et indifférente. En un mot il fit du protoplasma une zooglée de micro-organismes parmi lesquels il y aurait des caryoblastes ou bioblastes du noyau et des somatoblastes ou bioblastes du corps cellulaire. Il admit en outre que ces bioblastes étaient des unités indépendantes susceptibles de vivre et de se multiplier par division.

En 1890, HENNEGUY (1) signala, chez un Infusoire cilié, *Fabrea salina*, une substance réticulée finement granuleuse renfermant des granulations pigmentaires et, dans les mailles formées par cette substance, « des éléments sphérulaires, homogènes, plus clairs et plus réfringents que le réticulum ».

La même année encore ALTMANN (2), poursuivant ses recherches, décrivit dans le cytoplasma de la cellule glandulaire, à côté des granulations (bioblastes), des filaments végétatifs dont il avait signalé la présence ailleurs. De plus il remarqua qu'au début de la sécrétion les filaments végétatifs étaient très nombreux. Mais au fur et à mesure que l'intensité sécrétoire augmentait il remarqua aussi que ces filaments devenaient moniliformes puis se résolvaient en une chaînette de petits grains. Ceux-ci se séparaient ensuite, augmentaient de volume et finalement se transformaient en grains de sécrétion.

L'année d'après L. et R. ZOJA (3) cherchèrent à généraliser l'existence des granulations d'ALTMANN. Se servant en effet de son mode de coloration, ils parvinrent à les décélérer chez les

(1) HENNEGUY. — Sur un Infusoire hétérotriche *Fabrea salina* (*Ann. de micrographie*, 1890).

(2) ALTMANN. — *Loc. cit.*, p. 79 du présent mémoire.

(3) L. et R. ZOJA. — Intorno ai plastiduli eosinofili (*Memorie del R. Istit. Lombardo, ni Sc. e. L.*, XV, 1891),

Protozoaires, les Coérentérés, les Vers, les Echinodermes, les Mollusques, les Arthropodes, les Tuniciers, les Vertébrés. Puis ils les dénommèrent « plastidules fuchsinophiles » pour rappeler le terme par lequel leur maître MAGGI les avait tout d'abord désignés. Ils constatèrent en outre que leur forme et leur disposition variaient avec les cellules, avec leur plus ou moins grande activité et aussi avec leur activité propre. Ils constatèrent encore, dans certains cas, qu'ils augmentaient considérablement de nombre mais ils ne purent se rendre compte ni de l'origine ni du mode de cette multiplication.

Etait-ce le fait de la division des plastidules déjà existants ? ou bien une nouvelle portion de la substance fondamentale s'individualisait-elle en plastides qui, d'abord invisibles, grossissaient ensuite peu à peu et le devenaient ? Les frères ZOJA ne purent l'établir. Quoi qu'il en soit ils admirent que les plastidules fuchsinophiles jouaient, dans la cellule, une fonction nutritive.

En 1892 BÜTSCHLI (1) décrivit incidemment, en étudiant la structure du protoplasma chez différents Protozoaires, des corpuscules qu'il observa surtout très bien chez *Paramæcium caudatum* et *Paramæcium putrinum*. Ces petits corpuscules étaient des corps ronds, ovales ou allongés, disséminés dans le plasma. Ils paraissaient un peu réfringents avec un contour sombre et un centre clair. Ils se coloraient fortement par l'éosine et le violet de gentiane et prenaient une teinte rouge avec l'hématoxyline de DELAFIELD.

La même année encore, STEINHAUS (2) en étudiant la structure de la glande mammaire du Cobaye aux différentes époques de gestation et de lactation reconnut les faits suivants. Durant la première moitié de la grossesse il constata d'abord que les granulations fuchsinophiles étaient nom-

(1) BÜTSCHLI. — *Untersuchungen ueber mikroskopische Schaume und das Protoplasma*, Leipzig, 1892.

(2) STEINHAUS. — *Die Morphologie der Milchabsonderung* (*Arch. f. Anat. Phys. Abt.*, 1892).

breuses. Puis, dès que les cellules commençaient à sécréter, celles-ci s'allongeaient en filaments affectant la forme de spirilles, lesquelles étaient ensuite évacuées, durant la sécrétion, dans la cavité alvéolaire où elles revenaient à l'état de granulations.

Enfin lorsque les cellules glandulaires ne sécrétaient plus, les filaments restants se transformaient en granulations dans la cellule même.

De telles formations filamenteuses furent encore constatées, la même année, par EBERTH et MUELLER (1) dans les cellules pancréatiques.

En 1895 MOURET (2) observa, lui aussi, des formations filamenteuses dans la cellule pancréatique et en 1896 SOLGER (3) signala la présence de filaments cytoplasmiques dans les cellules séreuses de la glande sous-maxillaire et de la glande lacrymale de l'homme. De plus il considéra ces filaments comme une portion du mitome de FLEMMING.

En 1897 puis en 1899 GARNIER (4) attira l'attention sur l'existence, à la partie basale des cellules glandulaires séreuses, d'éléments filamenteux lesquels devaient intervenir, pour lui, dans l'élaboration des produits de sécrétion.

Durant 1898 et les années qui suivirent, J. ARNOLD (5) observa dans les cellules vivantes traitées par des colorants vitaux, des corpuscules correspondant aux bioblastes d'ALTMANN. Il les baptisa du nom de plasmosome puis leur attribua un rôle important dans la fabrication des produits de sécrétion.

(1) EBERTH et MUELLER. — Untersuchungen über das Pankréas (*Zeitsch. f. v. Zool. Bot.*, LIII, suppl. 1892).

(2) MOURET. — Contribution à l'étude des cellules glandulaires (*Journal d'Anat. et de Physiol.*, 1895).

(3) SOLGER. — Ueber den feineren Bau der glandula submaxillaris des Menschen (*Festsch. f. Gegenbaur*, 1896).

(4) GARNIER. — Les filaments basaux des cellules glandulaires (*Bibliographie anat.*, 1897).

(5) J. ARNOLD. — Ueber Struktur und Architektur der Zellen (*Anat. f. mikr. Anat.*, Bd. LII, 1898).

En 1899 encore LAGUESSE(1) aperçut dans la cellule pancréatique de la Salamandre, des filaments vermiformes qu'il désigna sous le nom d'ergastidions. Ceux-ci étaient ou très courts, presque punctiformes, ou très longs et sinueux. Du fait qu'ils se montraient plus abondants durant la période de sécrétion active LAGUESSE vit en eux l'origine de grains adaptés à la sécrétion. Pour atteindre ce but en effet les filaments se renflaient au niveau de chaque futur grain pour former une sorte de granulation mate au centre de laquelle apparaissait la granulation réfringente de zymogène.

*
* *

Le court historique que nous venons de faire nous amène à penser que les chondriosomes ont été certainement aperçus, bien avant BENDA et MEVES, dans le Règne animal, par certains histologistes.

Mais il y a lieu aussi de reconnaître que BENDA eut le grand mérite d'isoler du magma des granulations aussi nombreuses que variées qui se trouvent dans le protoplasma animal, une certaine variété d'entre elles qu'il définit grâce à leur forme, à leur tendance à se disposer en chaînette comme les grains d'un chapelet et à leur coloration sous l'action d'une méthode personnelle et d'un colorant nouveau.

Il sut en outre les doter d'un nom qui devait faire rapidement fortune et qui eut le don de déchaîner, dans le monde des Histologistes, un nombre inusité de recherches grâce auxquelles nous avons pu mener à bien l'aperçu comparatif que nous venons d'exposer.

(1) LAGUESSE. — Corpuscules paranucléaires, filaments basaux et zymogènes dans les cellules sécrétantes. (*C. R. de la Soc. Biol.*, 1899).

— Le grain de sécrétion interne du Pancréas (*Bibliog. Anat.*, 1899).

CHAPITRE VIII

Résumé-Conclusions.

Pour terminer notre travail et afin de permettre au lecteur de connaître, d'un seul coup d'œil, le plan complet de celui-ci, de juger de l'importance des faits qu'il contient sans toutefois l'obliger à le lire en entier, nous avons cru devoir placer, à la fin de ce mémoire, une sorte de résumé-conclusions. C'est donc par lui que nous allons clore maintenant les recherches que nous venons d'exposer.

A. — HISTORIQUE.

En 1897 BENDA, grâce à une méthode de coloration nouvelle ayant pour base l'emploi d'un fixateur spécial (liquide de Flemming sans acide acétique) et d'une coloration particulière (Kristalviolet), découvrit dans le flagellum des spermatozoïdes et par la suite, dans de nombreuses cellules, des granulations auxquelles il donna le nom de mitochondries.

Ayant en outre remarqué que ces granulations avaient des tendances à se grouper en filaments il donna le nom de chondriomites à ces agglomérations particulières des mitochondries.

Dix ans plus tard MEVES étudiant à son tour ces mêmes corpusculs reconnut que certains d'entre eux pouvaient avoir la forme de bâtonnets. Il les appela des chondriocotes. Enfin il désigna sous le nom de chondriosomes, mitochondries, chondriomites et chondriocotes et sous le nom de chon-

driome l'ensemble de ces formations existant soit séparément, soit en même temps dans une même cellule.

De sorte que la classification actuelle de ces corpuscules peut s'écrire :

Chondriome — chondriosomes...	{ mitochondries
	{ chondriomites
	{ chondriocontes.

Il est certain que les chondriosomes ont été vus et décrits dans les deux Règnes avant BENDA (filaments de FLEMMING, une partie des granula d'ALTMANN, pseudo chromosomes, ergastidions, etc., plastes de SHIMPER, leucites de VAN TIEGHEM). Mais les travaux de BENDA ont suscité une série de recherches qui ont fait actuellement du chondriome un constituant histophysiologique essentiel de toute cellule animale. Une doctrine s'est établie qui résulte de tous ces travaux et un accord général s'est fait, surtout en Histologie animale, sur la plupart des points de la doctrine.

B. — CARACTÈRES MORPHOLOGIQUES DES CHONDRIOSOMES.

A) *Forme.*

Elle est, dans les deux Règnes, sphérique ou cylindrique. Dans ce dernier cas elle peut être ramifiée.

B) *Dimension.*

La dimension des mitochondries ne dépasse guère $1\ \mu$ dans les deux Règnes. Cependant les chondriocontes peuvent atteindre $3\ \mu$, 5 , et bien davantage en longueur.

c) *Constitution physico-chimique.*

Les chondriosomes sont-ils des corps semi-fluides voire même fluides ? Dans l'état actuel des connaissances il est impossible de se prononcer d'une façon catégorique. Cependant les recherches, faites dans ce sens, paraissent prouver

que leur substance est, dans tous les cas, essentiellement plastique. Au point de vue chimique ce sont des complexes de nature lipo-protéique.

d) *Multiplication des Chondriosomes.*

Les chondriosomes se multiplient dans les deux Règnes à partir de la forme mitochondrie. Celle-ci s'étrangle, à un moment donné, en biseau et engendre ainsi peu à peu deux mitochondries nouvelles. Jusqu'à ce jour en effet on n'a pas vu, du moins d'une manière nettement positive, les chondriocontes jouir d'une telle propriété.

C. — CARACTÈRES PHYSIQUES DES CHONDRIOSOMES.

A) *Réfringence.*

La réfringence des chondriosomes est des plus variables. Elle peut être même nulle. Lorsqu'elle existe elle permet l'observation post-vitale, même sans coloration.

B) *Mouvements.*

Les chondriosomes présentent des mouvements de répulsion (surtout au moment où une mitochondrie vient de se partager) des mouvements d'attraction, de coaptation, d'ensemble, de changements topographiques, etc.

c) *Influence de la variation de température.*

I. *Élévation.* — L'élévation anormale de température vacuolise les chondriosomes et les fait éclater puis disparaître. Toutefois la température de vacuolisation n'est pas la même pour tous les chondriosomes d'une cellule donnée.

II. *Abaissement.* — L'abaissement de température produit, du moins dans le Règne végétal, des effets de même sens.

D) *Autres influences.*

Les traumatismes, les compressions mécaniques, l'asphyxie, la lumière, les substances toxiques vacuolisent aussi les chondriosomes.

E) *Action des milieux hypo, iso et hypertonique.*

I. *Solution hypotonique.* — D'une façon générale une solution hypotonique provoque le gonflement des chondriocontes qui éclatent ensuite si l'action continue à se faire sentir.

II. *Solution isotonique.* — Une solution isotonique est sans effet sur les chondriosomes.

III. *Solution hypertonique.* — En milieu hypertonique la déformation des chondriosomes est d'abord très faible, pour ainsi dire insensible. Mais au moment où le protoplasma va mourir il s'hydrate de nouveau et l'on assiste alors à un gonflement rapide des chondriosomes lesquels, dans ce cas encore, finissent par éclater.

D. — CARACTÈRES CHIMIQUES DES CHONDRIOSOMES.

Les caractères chimiques des chondriosomes ne sont pas des mieux connus.

On sait cependant que l'acide acétique et l'alcool les font disparaître tandis que le bichromate de potasse, l'acide osmique et le formol les conservent et les fixent dans leurs formes naturelles. D'où la nécessité de fixations bien faites pour obtenir de bonnes images du chondriome.

E. — RÔLE BIOLOGIQUE DES CHONDRIOSOMES.

Les chondriosomes ont des rôles biologiques comparables dans les deux Règnes. Ils prennent part en effet à la formation des pigments, des corps gras et des gamètes mâles de la reproduction.

A) *Pigments.*

I. *Pigments animaux.* — Les pigments animaux sont le plus souvent autochtones. Parmi ceux-ci on doit citer, comme les plus importants, les pigments ferrugineux et les mélanines.

Les premiers ont une origine globulaire.

Les mélanines peuvent avoir trois origines dont une mitochondriale. Dans ce cas l'évolution du pigment rappelle celle qu'on constate dans le Règne végétal.

II. *Pigments végétaux.* — Les pigments végétaux, la chlorophylle mise à part, sont classés en série xanthique et en série anthocyanique.

Les pigments de la série xanthique apparaissent toujours dans des chondriosomes soit sous la forme de grains très fins, soit sous celle de cristaux.

Par contre la genèse des pigments de la série anthocyanique n'a rien de commun avec les chondriosomes.

III. *Chlorophylle.* — Rien n'est encore connu du mécanisme intime de l'apparition de la chlorophylle dans les corps chlorophylliens. Par contre l'évolution de ces derniers, à partir de chondriosomes, a pu être nettement observée et suivie. On peut du reste la résumer ainsi :

1^o Transformation des chondriocontes en bâtonnets courts et trapus.

2^o Renflements variés et diversement localisés de ces bâtonnets : d'où transformation de ceux-ci en massues, en haltères, en fuseaux.

3^o Apparition dans ces renflements de grains d'amidon transitoire.

4^o Individualisation des renflements dans le cas de forme en haltère.

5^o Augmentation de volume des chondriosomes ainsi transformés et apparition de la chlorophylle.

6^o Accroissement limité des chloroplastes et disparition de l'amidon transitoire.

Les chloroplastes ainsi formés sont en outre réversibles, c'est-à-dire que, dans certains cas, ils peuvent redevenir des chondriocotes.

b) *Corps gras.*

I. *Corps gras animaux.* — Les corps gras évoluent aux dépens soit de mitochondries, soit de chondriocotes. Dans le cas d'une mitochondrie celle-ci devient peu à peu une vésicule lipéide puis, peu à peu encore, une vacuole graisseuse. Dans le cas d'un chondriocote la forme en têtard, en raquette ou en fuseau, apparaît d'abord puis l'évolution du renflement s'opère comme précédemment.

II. *Corps gras végétaux.* — Dans le Règne végétal les corps gras peuvent avoir une origine chondriomique ou indépendante des chondriosomes. Lorsqu'ils naissent aux dépens de ces derniers les stades évolutifs sont identiques à ceux du Règne animal.

c) *Gamètes mâles de la reproduction.*

I. *Règne animal.* — Deux cas peuvent se produire :

1^o Le spermatozoïde n'a pas de Nebenkern ;

2^o Le spermatozoïde a un Nebenkern.

Le spermatozoïde sans Nebenkern peut avoir un flagellum ou en être dépourvu. Lorsqu'il en possède un les mitochondries se disposent en spirale autour du filament axial. Lorsqu'il en est dépourvu, les mitochondries se localisent dans la masse même du ou des appendices qui en tiennent lieu et place.

Dans le spermatozoïde avec Nebenkern celui-ci peut résulter de l'agglomération de toutes les mitochondries et contribuer totalement à former le filament en spirale. Le Nebenkern au contraire peut ne correspondre qu'à une agglomération partielle des mitochondries. Dans ce cas son rôle est nul du moins quant à la formation du filament spiral. Par contre

les autres mitochondries non agglomérées y prennent une très grande part.

II. *Règne végétal.* — Dans le Règne végétal on retrouve chez l'anthérozoïde des Fougères les mitochondries disposées sur deux rangées, le long de la spirale. Mais celles-ci ne représentent pas toutes les mitochondries de la cellule mère de l'organite. Une portion en effet après s'être agglomérée sous forme de Nebenkern est rejetée dans la vésicule protoplasmique qui se détache ensuite de l'organite. On retrouve encore un Nebenkern dans le corps même de l'anthérozoïde des Fucacées.

F. — ANALOGIE DES CHONDRIOSOMES ET DES PLASTES DE SCHIMPER
OU LEUCITES DE VAN TIEGHEM.

L'analogie des chondriosomes des deux Règnes ressort nettement de ce qui précède. Il n'en est pas toutefois de même de leur analogie avec les plastes de SCHIMPER ou leucites de VAN TIEGHEM. Or les caractères généraux de ces derniers sont :

Forme sphérique ou ovale parfois allongée en fuseau ou en bâtonnet.

Localisation fréquente autour du noyau.

Nature exclusivement albuminoïde.

Multiplication par division résultant de l'étranglement en biseau d'un plaste ou leucite préexistant.

Fixation et coloration par les méthodes dites mitochondriales.

Sensibles à l'action de l'acide acétique.

Réfringence des plus variables.

Sensibles aux mêmes actions physiques que les chondriosomes.

Sensibles aux actions hypo et hypertoniques qui provoquent sur eux des effets de même sens que sur les chondriosomes.

Si nous comparons maintenant ces caractères à ceux des chondriosomes nous sommes obligé de reconnaître leur profonde analogie. Nous dirons donc que les chondriosomes du Règne végétal sont les plastes ou leucites de SCHIMPER et que les chondriosomes de BENDA et de MEVES sont leurs analogues dans le Règne animal.

G. — COROLLAIRE.

Cette conclusion est nettement opposée à ce qui est actuellement admis par la plupart des Histologistes du Règne animal.

Pour ceux-ci en effet le plaste serait un stade de différenciation chimique entre le chondriosome et le corpuscule définitif. Malheureusement pour cette interprétation SCHIMPER n'a pas donné cette signification au mot plaste. Ce mot en effet ne désigne pas l'ensemble des chromo, chloro, amyloplastés, etc., etc., mais bien la forme initiale de chacun d'eux, laquelle est de nature essentiellement, exclusivement albuminoïde et ne présente aucune trace de différenciation chimique. Mais lorsque celle-ci apparaît le plaste cesse d'être plaste et devient ou un chromo, ou un chloro, ou un amyloplaste, etc., etc.

De sorte que si nous conservons au mot plaste le sens que SCHIMPER lui attacha lorsqu'il le créa, on doit écrire pour schématiser l'évolution des chondriosomes des deux Règnes :

$$\begin{array}{l} \text{chondriosomes} \\ \text{ou plastés} \\ \text{ou leucites} \end{array} \left. \vphantom{\begin{array}{l} \text{chondriosomes} \\ \text{ou plastés} \\ \text{ou leucites} \end{array}} \right\} \longrightarrow \text{grains ou vacuoles.}$$

Mais si l'on admet au contraire l'évolution que certains auteurs ont fait subir à la signification du mot plaste soit qu'ils en ignorassent le vrai sens ou qu'ils aient voulu le modifier, on doit alors écrire pour représenter la même évolution :

chondriosomes $\longrightarrow$ plastés $\longrightarrow$ grains ou vacuoles.

Dans le premier cas les chondriosomes sont les analogues des plastes ou leucites.

Dans le second cas au contraire les plastes sont différents des chondriosomes. Ce sont des chondriosomes déjà évolués. Toutefois en ce qui nous concerne et jusqu'à plus amplement renseigné par de nouvelles recherches, nous ferons nôtre la première manière de voir.

Mais quelle que soit l'expression sous laquelle on désigne ces corpuscules il n'en est pas moins vrai qu'ils tiennent dans les deux Règnes une place considérable. La signification physiologique du chondriome est en effet des plus hautes. Ses éléments jouent un rôle puissant dans la sécrétion en général. Et comme le dit si bien G. DUBREUIL (1) les éléments du chondriome contribuent, dans tous les cas, à l'accomplissement du travail cellulaire. Il est vrai que ce rôle paraît plus restreint dans le Règne végétal que dans le Règne animal. Cela tient sans doute à ce que les matières à édifier dans le premier sont moins nombreuses que dans le second. Toutefois il n'est point avéré que de nouvelles recherches sur de certaines substances végétales qui semblent n'avoir rien de commun avec les chondriosomes au point de vue génétique, n'établissent d'une façon très nette que leur formation est au contraire sous la dépendance étroite du chondriome et qu'ainsi soit démontrée l'égale importance de celui-ci dans les deux Règnes.

Seulement comment les chondriosomes, autrement dit les plastes, les leucites, prennent-ils part à ce travail? Par quel mécanisme intime agissent-ils? Nul ne le sait d'une manière certaine.

On a pensé assez souvent que les chondriosomes jouent comme des accumulateurs de substances.

On a pensé qu'ils sont susceptibles d'être des « eclectosomes ». D'autres ont vu en eux de vrais catalyseurs. D'autres

(1) G. DUBREUIL. — *Loc. cit.*, p. 105 du présent mémoire.

enfin ont pensé que leur substance est capable de se transformer en un produit donné.

Comme on le voit le problème de leur biologie, dont l'importance ne peut échapper à personne, est loin d'être résolu et demande encore, pour pouvoir être convenablement et sûrement solutionné, de nombreuses et patientes recherches (1).

(1) Ce travail a été fait au laboratoire d'Anatomie générale et d'Histologie de la Faculté mixte de Médecine et de Pharmacie de Bordeaux, dirigé par M. le Professeur G. Dubreuil, à qui nous sommes heureux d'exprimer notre bien vive gratitude pour l'hospitalité large qu'il nous a donnée et les indications précieuses qu'il nous a fournies en Histologie animale.

TABLE DES MATIÈRES

	Pages
INTRODUCTION	5

PREMIÈRE PARTIE

Morphologie et Propriétés Physico-Chimiques des Chondriosomes.

CHAPITRE PREMIER

De la découverte et de l'existence réelle du Chondriome.

A. — Découverte du Chondriome	9
B. — Existence réelle du Chondriome	11
A) Critique des méthodes chimiques employées pour le révéler..	11
B) Observation vitale ou post-vitale du Chondriome.....	16
C. — Résumé.....	21

CHAPITRE II

De la morphologie, de la constitution physico-chimique, de la fixation et de la coloration des Chondriosomes.

A. — Morphologie des Chondriosomes.....	22
A) Forme.....	22
B) Dimensions.....	23
C) Ramification.....	24
B. — Constitution physico-chimique des Chondriosomes.....	25
A) Constitution physique.....	25
B) Constitution chimique.....	25

	Pages
C. — Fixation et coloration des Chondriosomes.....	29
A) Fixation.....	29
1 ^o Critique des liquides fixateurs.....	29
2 ^o Fixateurs à employer.....	32
3 ^o Affinage des préparations.....	36
B) Coloration.....	37
1 ^o Coloration post-vitale.....	37
2 ^o Coloration après fixation.....	38
D. — Résumé.....	43

CHAPITRE III

De la forme primitive des Chondriosomes et de leur multiplication.

A. — Règne animal.....	46
B. — Règne végétal.....	50
C. — Résumé.....	56

CHAPITRE IV

Propriétés physiques et chimiques des Chondriosomes.

A. — Propriétés physiques.....	57
A) Réfringence.....	57
B) Mouvement.....	58
C) Influence de la température.....	61
1 ^o Elévation de la température.....	60
2 ^o Abaissement de la température.....	62
D) Autres influences physico-chimiques.....	63
1 ^o Compression.....	63
2 ^o Choc.....	63
3 ^o Anesthésiques.....	63
4 ^o Corps chimiques divers.....	63
E) Influence des liquides hypo, iso et hypertoniques.....	64
1 ^o Milieu hypotonique.....	65
2 ^o Milieu isotonique.....	68
3 ^o Milieu hypertonique.....	70
B. — Propriétés chimiques.....	71
C. — Résumé.....	71

DEUXIÈME PARTIE

Rôle biologique des Chondriosomes.

CHAPITRE V

Du rôle des Chondriosomes dans la formation de certains produits cellulaires.

I^o PIGMENTS :

A. — Pigments animaux.....	75
1 ^o Origine mitochondriale des mélanines.....	76
2 ^o Origine mitochondriale d'autres pigments....	80
B. — Pigments végétaux.....	81
1 ^o Série xanthique.....	81
2 ^o Série anthocyannique.....	92
3 ^o Chlorophylle.....	94
4 ^o Réversibilité des Chloroplastes.....	98
C. — Résumé.....	101

II^o CORPS GRAS :

A. — Corps gras animaux.....	104
B. — Corps gras végétaux.....	109
C. — Résumé.....	115

CHAPITRE VI

Du rôle des Chondriosomes dans la formation des organites de la reproduction.

A. — Gamétogénèse mâle animale.....	118
A) Spermatozoïdes sans Nebenkern.....	118
1 ^o Avec flagellum.....	118
2 ^o Sans flagellum.....	121
B) Spermatozoïdes avec Nebenkern..	122
1 ^o Groupement total des mitochondries.....	126
2 ^o Groupement partiel des mitochondries....	128
B. — Gamétogénèse mâle végétale.....	131
A) Gamètes mobiles.....	131
1 ^o Anthérozoïdes des Cryptogames vasculaires.....	131
2 ^o Anthérozoïdes des Algues.....	134
B) Gamètes immobiles.....	137
C. — Résumé....	139

CHAPITRE VII

Analogie des Chondriosomes des deux Règnes.**Leur analogie avec les plastes.****Les Chondriosomes ont-ils été aperçus avant Benda ?**

A. — Analogie des Chondriosomes animaux et végétaux.....	141
B. — Analogie des Chondriosomes et des Plastes ou Leucites.....	142
C. — Les Chondriosomes avant Benda.....	145

CHAPITRE VIII

Résumé-Conclusions.

A. — Historique.....	153
B. — Caractères morphologiques des Chondriosomes.....	154
C. — Caractères physiques des Chondriosomes.....	155
D. — Caractères chimiques des Chondriosomes.....	156
E. — Rôle biologique des Chondriosomes.....	156
a) Pigments.....	157
b) Corps gras.....	158
c) Gamètes mâles de la reproduction.....	158
F. — Analogie des Chondriosomes et des Plastes de Schimper ou Leucites de Van Tieghem.....	159
G. — Corollaire.....	160

